

2. 3 サブテーマ3

(1) 業務の内容

(a) 業務題目

火山災害対策技術の開発

「火山災害対策のための情報ツールの開発」

(b) 担当者

所属機関	機関種別	役職	氏名
国立研究開発法人 防災科学技術研究所 火山研究推進センター	実施機関	センター長 副センター長 研究統括 研究員 客員研究員 客員研究員	中田節也 藤田英輔 宮城洋介 棚田俊收 宮村正光 中村洋一
株式会社大林組 技術本部 技術研究所	参加機関	上級主席技師 上級主席技師 主任研究員 主幹研究員 主幹研究員 主任研究員 研究員 研究員	野畠有秀 大塚清敏 諏訪 仁 吉本充宏 石峯康浩 本多 亮 久保智弘 西澤達治
山梨県富士山科学研究所	参加機関	主任研究員 主幹研究員 主任研究員 研究員 研究員	田中 淳 関谷直也 上澤真平
東京大学大学院情報学環 総合防災情報研究センター	参加機関	特任教授 准教授	
電力中央研究所	協力機関	主任研究員	

(c) 業務の目的

本業務では、火山災害に関わる自治体の防災担当者らが、災害発生時に適切な初動対応及び防災活動を行うことを支援するための「火山災害対策のための情報ツール（以下、「情報ツール」という。）」を開発することを目的とする。情報ツールとは火山災害対策のために必要となる情報を出力する各種コンテンツからなり、本業務ではこれらコンテンツの開発を中心に行う。開発するコンテンツは、専門家が自治体の防災担当者に対して情報を伝える際に使用されるコンテンツや、降灰による都市部の施設やインフラの被害を予測するコンテンツ等である。この情報ツールは、本事業の課題 A（各種観測データの一元化）で開発される一元化共有システムのデータベースに保存される他の課題及びサブテーマで得られる解析結果等の研究成果を活用し、火山防災協議会において火山専門家が地方自治体等へ助言する際にも利用される。開発に当たっては初期段階からユーザーである自治体や火山防災協議会に参加している火山専門家等と連携して取り組む。

(d) 10か年の年次実施計画（過去年度は、実施業務の要約）

1) 平成 28 年度：

- ・過去の火山災害及び降下火山灰に関する文献調査、情報収集を行った。
- ・常時観測火山におけるハザードマップのデジタル化を行った。
- ・自治体を対象とした火山対策の現状を調査した。
- ・都市部の施設に対する降灰影響評価実験の実験計画を作成した。

2) 平成 29 年度：

- ・過去の火山災害と降灰についての文献調査、情報収集結果の整理と分析を行った。
- ・常時観測火山におけるハザードマップのデジタル化を行った。
- ・自治体を対象とした火山対策の現状調査と結果の比較・分析を行った。
- ・都市部の施設に対する降灰影響評価実験を行った。
- ・登山者動向把握実験へ参加した。

3) 平成 30 年度：

- ・周知啓発教育用コンテンツの基盤となる火山災害に関する調査や情報収集を行った。
- ・常時観測火山におけるハザードマップのデジタル化を行った。
- ・自治体を対象とした火山対策の比較・分析を行った。
- ・都市部の施設に対する降灰影響評価実験として、冷却塔を対象とする降灰実験を行った。
- ・平成 29、30 年度に実施された降灰影響評価実験の結果を受け、都市部の施設における建築設備の損傷度評価法の開発に着手した。
- ・登山者動向把握実験へ参加し、得られた登山者動態データの火山防災対策への利用に関する検討した。

4) 平成 31 年度（令和元年度）：

- ・常時観測火山 5 火山におけるハザードマップのデジタル化を行った。
- ・周知啓発教育用コンテンツの試作版として火山防災ポータルサイトを開設した。
- ・前年度までに実施した降灰影響評価実験結果の妥当性を確認し、降灰被害予測コンテンツの試作版を開発した。
- ・降灰量に対する木造建築物の屋根の安全性について評価した。
- ・文献調査を行い、火山現象が社会活動に及ぼす影響を整理した。
- ・避難・救助支援コンテンツの試作版（登山者動態データの可視化ツール）を開発した。
- ・登山者動向把握実験に参加し、避難・救助支援コンテンツ試作版のインプットデータを取得し、本コンテンツ試作版の活用について検討した。
- ・国内外の学会におけるブース展示、論文で研究成果を特集、プロジェクトの紹介動画とパンフレット・リーフレット（英語版）を作成、英語版の紹介用ホームページを開設するなど、次世代火山研究推進事業の周知広報活動を行った。

5) 令和 2 年度：

- ・周知啓発教育用コンテンツの試作版について、前年度開発した試作版について自治体防災担当者にヒアリングやアンケート調査を行い、課題を把握するとともに、新たなニーズを把握し、その結果を基に高度化を実施した。
- ・降灰被害予測コンテンツの試作版の高度化に関し、都市部の施設に対する降灰影響評価のため、エアフィルタを対象とする降灰実験を行った。
- ・降灰被害予測コンテンツの試作版について、防災担当者を対象とした火山灰対策の勉強会を行い、降灰対策に必要な情報の把握と降灰被害予測コンテンツへのニーズを把握した。
- ・避難・救助支援コンテンツの試作版の高度化に関して、那須岳における登山者の動向把握を行い、可視化した動態データを周辺自治体の防災担当者らと共有した。
- ・避難・救助支援において重要な避難施設の耐衝撃性について、既存の建物への耐衝撃性を向上させるための実験を行い、補強方法の提案に資する結果を得た。

6) 令和 3 年度 :

- ・周知啓発教育用コンテンツを利用したアウトリーチ活動等を踏まえ、動画学習コンテンツを充実させるなどコンテンツの高度化を図り、防災担当者が避難確保計画策定に活用できるように整備した。
- ・3 コンテンツによる情報発信の在り方を検討するために、インフラ関係者を集めた研究会等を実施した。
- ・降灰被害予測コンテンツを利用した実証実験の結果を踏まえ、コンテンツの高度化を図る。これまで実験結果をまとめ、建物機能被害の損傷曲線の提案し、都市部への降灰被害予測コンテンツを改善した。
- ・離散型降灰データから等層厚線図を自動的に描く作業を行い、伊豆大島火山の降灰災害カーブを作成した。
- ・避難・救助支援コンテンツを利用した実証実験の結果を踏まえ、コンテンツの高度化を図る。これまでに開発した可視化ツールの改修を行った。
- ・退避壕等の耐衝撃実験を実施し、建物の耐衝撃性能の補強方法について検討を行った。

7) 令和 4 年度 :

- ・周知啓発教育用コンテンツを利用したアウトリーチ活動やアンケート調査を踏まえ、コンテンツの高度化を図る。
- ・インフラ関係各社の防災担当者と大規模降灰の対策について意見交換する。
- ・降灰被害予測コンテンツを利用した実証実験の結果を踏まえ、降灰の建物への影響について実験結果とシミュレーションから評価し、コンテンツの高度化を図る。
- ・降灰ハザードの評価の面から、降灰データからの降灰量見積もり及び降灰被害カーブについて検討する。
- ・避難・救助支援コンテンツを利用した実証実験の結果を踏まえ、コンテンツの高度化を図る。その際、過去に実施した登山者の動態データを可視化するツールを開発するとともに、地元自治体の避難対策などに活用する。

8) 令和 5 年度 :

- ・各種コンテンツの汎用化に着手する。

9) 令和 6 年度 :

- ・各種コンテンツの汎用化に着手する。

10) 令和 7 年度 :

- ・周知啓発教育用コンテンツの社会実装として、テキストを作成する。
- ・降灰被害予測コンテンツの社会実装として、自治体に対するアクションプランを提案する。
- ・避難・救助支援コンテンツの社会実装として、自治体の避難計画への反映を行う。

(e) 令和 3 年度における成果の目標及び業務の方法

①周知啓発教育用コンテンツ試作版の高度化

引き続き開発した周知啓発教育用コンテンツ試作版を高度化する。前年度行ったヒアリング調査やアンケート調査から得られたニーズや課題に対応し、本コンテンツの高度化を図るとともに、本コンテンツを使ったアウトリーチ活動に向けた準備を行う。

具体的には、前年度のヒアリング調査やアンケート調査から把握した動画コンテンツの充実や防災担当者の初任者などを対象とした動画学習コンテンツを充実させる。また、火山ごとに情報を整理して、対象とする火山の情報を容易に調べができるようになるとともに、防災担当者が課題としている避難確保計画策定に資する形に整備する。一方、本コンテンツを広く日本国内の防災担当者に周知するためのアウトリーチ活動を行い、本コンテンツのさらなるニーズや課題をアンケート調査などから把握する。

また、本業務で開発する 3 つのコンテンツによる情報発信の在り方を検討するために、昨年度の調査データを詳細に分析するとともに、ヒアリングおよび研究者をあつめた研究会等を実施する。

②降灰被害予測コンテンツ試作版の高度化

これまでに開発してきた降灰被害予測コンテンツ試作版を高度化する。現試作版は平成29年度及び平成30年度に実施した建築設備を対象とした降灰影響評価実験の成果を基に、降灰による建築物の損傷・被害に関する降灰深の閾値を設定し地図上で他の情報と重ねて表示できるようにしたものである。昨年度は建物のフィルターを対象とした降灰実験を実施し、被害に関する閾値を検討した。

今年度は降灰による屋根への影響をより分かりやすい形で提供すべく、実際の建物例をもとに検討し安全性評価を具体的に示す。また都市部における積灰評価に資するため、数値シミュレーションにより建物が降灰や積灰分布にどのような影響を及ぼすかの基礎的な検討を行い、都市への降灰シミュレーションへの展開を検討する。さらに、これまで実験による建物空調設備およびフィルター被害の結果をまとめ、建物機能被害の損傷曲線を提案するとともに、過去の被害事例に基づく都市機能被害の損傷曲線と組み合

わせることで、機能被害を明示し都市部への降灰被害予測コンテンツを改善する。

また、将来の噴火が予想される伊豆大島火山を対象に、過去1500年間の主要噴火の降灰データをもとに、伊豆大島島内の主要拠点施設や道路での降灰ハザード曲線を作成し、上記の損傷曲線を考慮しながら、避難対策に役立つ情報コンテンツを検討する。

③避難・救助支援コンテンツ試作版の高度化

今年度は、富士山、御嶽山、那須岳で実施した登山者動向把握実験で昨年度までに得られた登山者データを、令和元年度に開発した、GIS上で他の地図情報と併せて登山者の簡易的な曝露評価を行うための可視化ツールを改修する。この、改修版の可視化ツールを使い、3火山周辺の自治体及び火山防災協議会と実験の結果を共有し、結果の防災利用（訓練シナリオへの利用、避難計画等の見直しにおける被害想定の把握など）について検討を行う。

また、富士山、御嶽山、那須岳において取得した登山者データから、仮想的な場所と時間帯における噴火を想定した場合に、より効率的で迅速な避難や救助法が数値解析シミュレーションで可能かどうかを検討する。

さらに、前年度に引き続き、避難計画の作成や避難・救助活動において重要な施設である退避壕（シェルター）等の耐衝撃性を評価するために、模擬火山岩塊を使用した衝突実験を実施する。今年度は建築物への衝撃力緩和を目的とした耐衝撃性能の補強方法について検討を行う。

なお、研究期間中に国内の火山で、噴火の予兆が把握された場合もしくは噴火が発生した場合において、次世代火山研究・人材育成総合プロジェクトのプロジェクト・リーダーが緊急観測の実施を決定した際は、①～③で実施する調査及び情報収集について、その一部もしくはその全てに代えて緊急観測を実施することを可能とする。

（3）令和3年度の成果

（a）業務の要約

このサブテーマ課題では、3つのコンテンツからなる情報ツールの開発を行った。

①「周知啓発教育用コンテンツ試作版の高度化」においては、自治体防災担当者を対象としたヒアリング調査やアンケート調査から得られたニーズや課題に対応するべく試作版を試用した上での潜在的なニーズや課題を解析し、その課題に対応する開発を行なった。すなわち、火山防災対策協議会の資料や富士山麓で行われた火山灰上走行実験の動画、及び、IAVCEIで提供している防災ビデオの日本語ナレーション化した動画などのコンテンツを加え高度化を図った。また、富士山の宝永噴火のような大規模降灰時にインフラ関係会社が必要とする情報や研究者が提供可能な情報などについて意見交換行った。

②「降灰被害予測コンテンツ試作版の高度化」においては、前年度までに実施した空調設備や空気フィルターなど建物に対する降灰影響評価実験結果を評価するために、降灰による建築物などの障害物の降灰影響をシミュレーションで評価した。また、降灰のハザード評価のために、離散型の降灰観測データから等層厚線図の自動描画化と火山

灰体積の見積もる方法を開発した。この手法による過去の降灰データが揃っている伊豆大島火山について、1500年間分の等層厚線図を作成し、降灰被害カーブを作成した。

③「避難・救助支援コンテンツ試作版の高度化」については、那須岳において昨年度実施した登山者動向把握実験結果をGIS上で表示するシステムを開発し、可視化した動態データを用いて周辺自治体の防災担当者らと共有した。また、登山者のための退避壕等の耐久性を評価するために、本年度も模擬火山岩塊を使用した衝突実験を実施し、耐衝撃性能について評価した。さらに、火山災害時の避難シミュレーションについて、評価する指標ややり方について検討を行なった。

(b) 業務の成果

3つの情報ツールコンテンツについて本年度得られた成果1)～3)を順次列挙する。

1) 周知啓発教育用コンテンツ試作版の高度化

今年度は、前年度改良したウェブサイトの利活用性について、アンケート調査を行うとともに、継続して実施している北海道駒ヶ岳周辺自治体と有珠山周辺自治体を対象にヒアリング調査を実施した。加えて、今年度は火山災害を経験した宮崎県、宮崎県高原町、熊本県阿蘇市、鹿児島県霧島市、鹿児島県鹿児島市にも火山災害で必要となる情報について、ヒアリング調査を実施し、平時から活用する情報について嬬恋村、那須町、三宅村、八丈島町に電話による聞き取り調査を実施した。また、前年度のヒアリング調査やアンケート調査から動画コンテンツの充実について、ニーズが高かったことから、今年度も動画コンテンツの充実を図った。また避難確保計画等で利用できる情報のニーズも高かったことから、今年度は避難確保計画を策定するにあたり、参考とする山を探すための情報として、常時観測火山周辺の都市構造について簡易分析を行なった。

a) アンケート調査

アンケート調査は、火山防災強化推進都道県連盟¹⁾と火山防災強化市町村ネットワーク²⁾に参加している23都道県及び、151市町村の防災担当者に試作版火山防災総合ポータルサイトのURL（Basic認証のID/PWを含む）とアンケート用紙（又はGoogleフォームによる回答）をそれぞれの事務局である山梨県及び鹿児島市を通じてメールで実施した。アンケート調査は2021年7月から8月中旬まで行い109件の回答を得た。回答は組織ではなく防災担当者個人として依頼した。アンケート調査では、防災担当年数（通算）、カテゴリ一数、情報量、利用しやすさ、避難確保計画や防災計画で利用できるかについて、調査を行なった。防災担当年数は、1年未満：18%、1～3年：46%、3～5年：26%、5～8年：6%、8～10年：0%、10年以上が4%となり、3年程度の方が半数以上の回答が得られた。

図1に「6つのカテゴリー（地域防災計画・避難計画、火山現象、災害事例、関係法令、火山災害の体験談、防災講演のための情報）に分類されていますが、カテゴリーの数はどうですか」、図2に「ご自身が本ウェブサイトで火山（現象、災害、防災）について学ぼう

と思った場合、情報量はどうですか？」、図3「ご自身が火山について住民等にお伝えしようと思った場合、情報量はどうですか？」の結果を示す。これら結果から、ウェブサイト全体の情報量はおおむね防災担当者にとって十分な情報量であると考えられる。次に図4に「本ウェブサイトは見やすいですか？」、図5に「本ウェブサイトは必要な情報が探しやすいですか？」の利活用性についての結果を示す。この結果から、ウェブサイトの構成や使用性について防災担当者にとって良いものとなっていることが分かる。

実務での利用について、図6に「避難確保計画や防災計画を策定する際、本ウェブサイトは役立ちますか？」、図7「本ウェブサイトを閲覧してみて、全体的にどう思われましたか？」の回答を示す。この結果から、実務でも利用できることが分かったが、図7の「利用するためには改善が必要」が2番目に高い値となっており、一部の防災担当者が実務で利用するためには改善が必要と感じていることが分かった。一方、実務での必要性について、数年間の経験を得ることにより、必要な情報など具体的にわかってくるため、ここでは例年2、3年での異動を想定し、それ以降の4年目以上(21件)で改めて集計した。

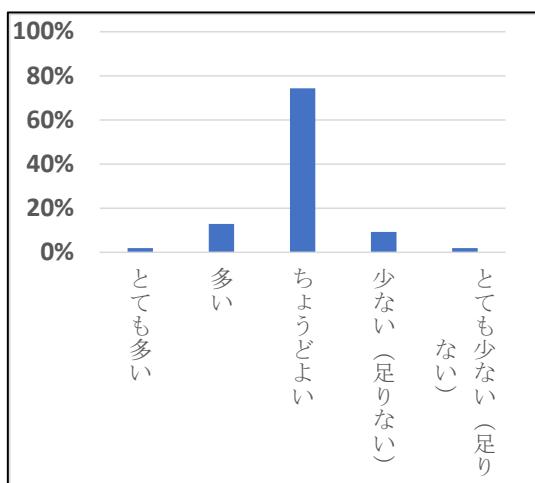


図1 カテゴリー数

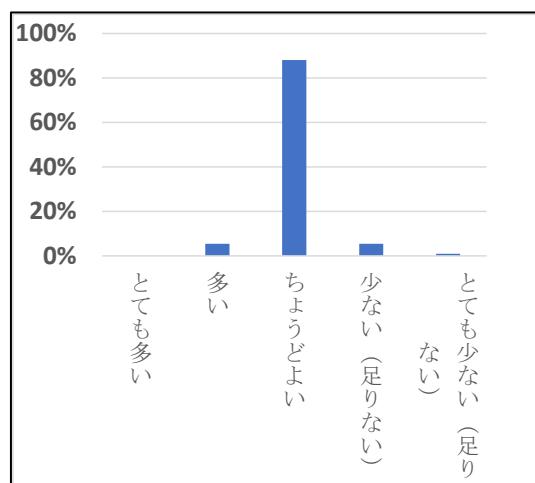


図2 独自の学習とための情報量

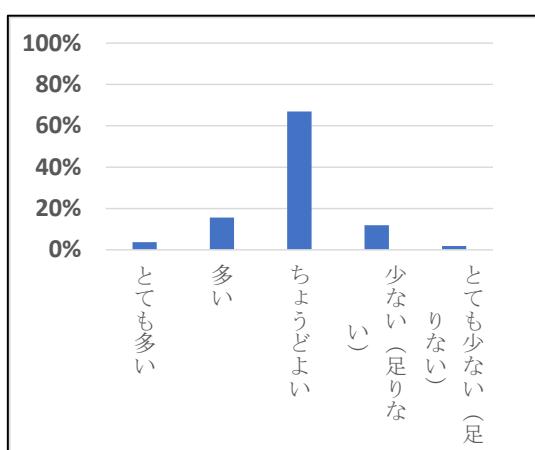


図3 住民に伝える際の情報量

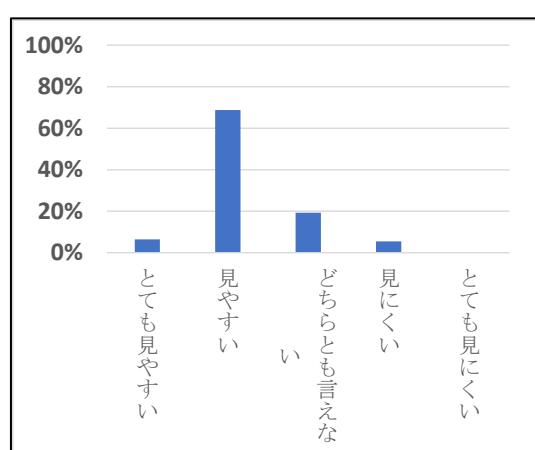


図4 ウェブサイトの見やすさ

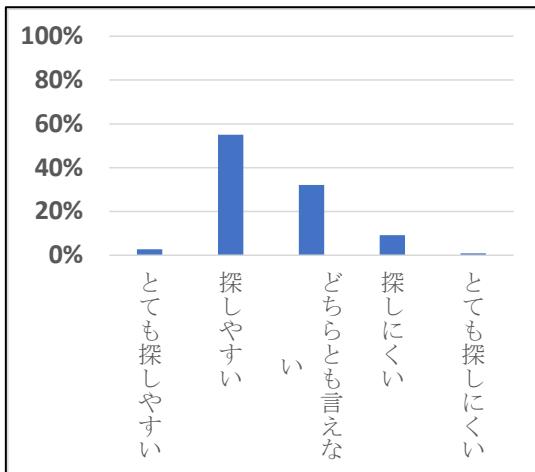


図5 ウェブサイト内の探しやすさ

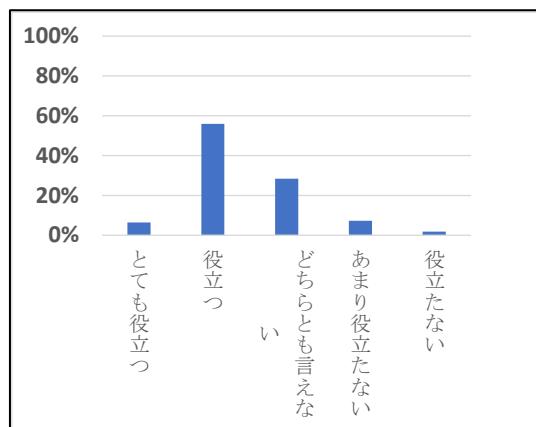


図6 避難確保計画などに役立つか

図8に4年目以上における「避難確保計画や防災計画を策定する際、本ポータルサイトは役立ちそうですか」の結果を示す。図8から、図6では「あまり役に立たない」と「役に立たない」を合わせて2%程度であったが、図8では19%となった。このような結果から実務で活用できるサイトにするためには内容の充実などを図るなどの改善が必要であることが分かった。

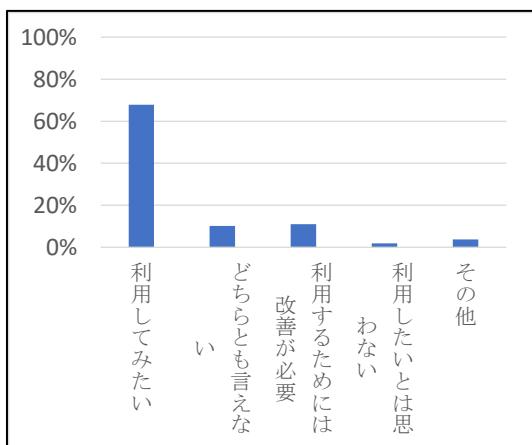


図7 全体的にどう思われましたか

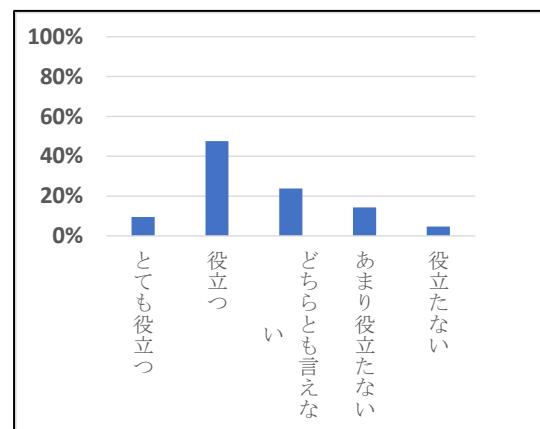


図8 4年以上：避難確保計画などに役立つか

b) ヒアリング調査

ヒアリング調査については、引き続き周知啓発教育用コンテンツ試作版の高度化を行うため、北海道駒ヶ岳周辺の自治体（森町、鹿部町、七飯町、函館市）、及び有珠山周辺の自治体（壮瞥町）の防災担当者に加えて、今年度は宮崎県、宮崎県高原町、鹿児島市、阿蘇市、阿蘇火山博物館にヒアリング調査を行った（写真1）。北海道駒ヶ岳周辺の自治体、宮崎県、及び有珠山周辺の自治体では、火山灰上を車が走行できるかといった情報のニーズや過去の災害対応の資料などのニーズを確認することができた。次に宮崎県と宮崎県高原町では、新燃岳2011年、2017年、2018年噴火の対応などについてヒアリング調査を行った。その結果、火山灰の層厚などに関する情報をGISなどに取り込める形で提供すると宮

崎県の防災システムで利用可能であること、過去の噴火対応などの経験をもとに現在の訓練シナリオを作成していること、火山灰への対応などの情報を得た。また、噴火災害の資料の提供を受けた。鹿児島市では桜島避難訓練にも参加し、島内の避難方法や避難情報の共有方法などについて情報を得た。さらに、阿蘇市と阿蘇火山博物館では阿蘇山 2021 年 10 月の噴火の対応やその時の情報についてヒヤリングするとともに阿蘇火山博物館からは噴火時の映像などの提供を受けた。今回のヒアリング調査では周知啓発教育用コンテンツに必要な情報に加え、降灰被害予測コンテンツに関する火山灰に関する情報について調査を行った。今回のヒアリング調査から火山災害の訓練を行う際、シナリオ作成は火山災害を対応した経験者が作成していることから、経験者がいない自治体などでは、過去の火山災害のクロノロジー情報などがあるとシナリオ作成に役立つことが分かった。また、火山ガスの臭いが麓で感じられたり、降灰があった際には、健康被害に対する問い合わせが増加することから、健康被害についての情報を必要としていることも分かった。今後、周知啓発教育用コンテンツを改良するにあたり、ヒアリング調査から得られたニーズを追加していく予定である。また、今回のヒアリング調査で得られた資料などは下記に述べるように周知啓発教育用コンテンツに加えていく。



写真 1 2021 年 11 月に実施したヒアリングの様子(左:宮崎県庁、右:熊本県阿蘇市)

次に電話による聞き取り調査として、これまでヒアリングを行う中で火山ごとの情報が必要という意見が得られていたことから、今年度は内陸火山として浅間山について嬬恋村、那須岳について那須町、島嶼火山として三宅島について三宅村、八丈島について八丈町の 4 町村を対象に普段利用している火山に関する情報について調査を行った。今回の調査では事前に周知啓発用コンテンツに掲載する情報案を提示し、その情報に対して過不足などについて直接防災担当者に聞き取りを行った。事前に提示した周知啓発用コンテンツの掲載案について、浅間山の一部を例として表 1 に示す。今回行った 4 町村からは、提示案の内容でおおむねよいという回答を得た。また台風シーズンにおける噴火なども考えている市町村があり、そのため GPV 気象情報の情報もあるとよいという意見が得られた。今後はこの聞き取り調査の結果も参考に周知啓発用コンテンツの更新を行う予定である。

表1 浅間山における周知啓発用コンテンツの情報案の一部

I 浅間山火山防災ポータルサイト（案）	II III	IV	URL
火山情報			
気象庁			
火山概要			https://www.data.jma.go.jp/vois/data/tokyo/306_Asamayama/306_index.html
観測点配置図			https://www.data.jma.go.jp/vois/data/tokyo/306_Asamayama/306_Obs_points.html
火山活動解説資料			https://www.data.jma.go.jp/vois/data/tokyo/STOCK/monthly_vact_doc/monthly_vact_voi.php?id=306
浅間山の噴火警戒レベル			https://www.data.jma.go.jp/vois/data/tokyo/STOCK/level/PDF/level_306.pdf
浅間山の噴火警戒レベル判定基準			https://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/STOCK/level_kijunn/306_level_kijunn.pdf
浅間山の噴火警戒レベル判定基準の解説			https://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/STOCK/level_kaisetsu.pdf
浅間山の火山活動状況			https://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/STOCK/activity_info/306.html
浅間山の火山観測データ			https://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/open-data/open-data.php?id=306
気象庁が噴火警報等で用いる用語集			https://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/STOCK/kaisetsu/kazanyougo/mokujii.htm
浅間山 噴火回数表（1868-2019）			https://www.data.jma.go.jp/vois/data/tokyo/306_Asamayama/306_er_count.html
浅間山 火山ガス放出の推移			https://www.data.jma.go.jp/vois/data/tokyo/306_Asamayama/306_So2emission.html
火山ガス予報			https://www.data.jma.go.jp/vois/data/kouhai/jishin/volgas.html
過去に発表した火山に関する情報（浅間山）			https://www.data.jma.go.jp/vois/data/tokyo/STOCK/volinfo/volinfo.php?info=ALL&id=306
降灰予報の発表状況			http://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/kouhai/jishin/ashfall.html
降灰予報			https://www.jma.go.jp/bosai/map.html#37.979/135/&contents=ashfall
火山登山者向けの情報提供ページ			http://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/STOCK/activity_info/306.html
火山への登山のしおり 長野県版			https://www.data.jma.go.jp/nagano/shosai/tozannoshiori/document/1_climbing%20bookmark.pdf
浅間山 有史以来の火山活動			https://www.data.jma.go.jp/vois/data/tokyo/306_Asamayama/306_history.html
日本活火山総覧（第4版）（浅間山）			https://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/STOCK/souran/main/45_Asamayama.pdf
防災科学技術研究所			
JVDN(Japan Volcanological Data Network)			
マップベース			https://jvdn.bosai.go.jp/app/pages/index.html?root=dataView&lang=ja
浅間山			https://jvdn.bosai.go.jp/portal/ja/%e6%b5%85%e9%96%93%e5%b1%b1
火山活動連続観測網 VIVA ver.2			http://vivaweb2.bosai.go.jp/viva/v_index.html
火山活動連続観測網 VIVA ver.2 浅間山観測データ			https://vivaweb2.bosai.go.jp/viva_v_datalist_asam.html
火山ハザードマップデータベース			http://vivaweb2.bosai.go.jp/v-hazard/
国土地理院			
GNSS	国土地理院による火山周辺地域における地殻変動観測の概況		https://www.gsi.go.jp/BOUSAI/kazan_index.html
合成開口レーダによる経過観測			https://www.gsi.go.jp/BOUSAI/ASAMA/SAR-indexsar_keika.htm
浅間山火口の航空機SAR画像			https://www.gsi.go.jp/BOUSAI/ASAMA/SAR-imagessar.htm
火山灾害対策用図			https://saigai.gsi.go.jp/3/20190807asama/asama_taisaku.pdf
地理院地図			
火山基本図（基図）			http://maps.gsi.go.jp/?l=36.407157,138.519809&z=15&base=std&vs=c1j0l0u#14/36.408539/138.523178&is=vbm%70vbm&blend=0&disp=11&lcd=vbm&vs=c1j0h0k0l0u0t0z0r0s0m0f1&d=m
火山灾害対策用図			https://maps.gsi.go.jp/#14/36.399144/138.522148&base=std&ls=std%7C20190807asama_kazantaisaku%7C20190807asama_sekisyoku%7Cexperimental_anno&blend=00&disp=110&lcd=20190807asama_sekisyoku&vs=c0j0h0k0l0u0t0z0r0s0m0f1&d=m
干渉SAR 南行			http://maps.gsi.go.jp/?l=36.407157,138.519809&z=15&base=std&vs=c1j0l0u#14/36.399696/138.533049&base=ort&ls=ort%7Curgent_volcano_asamayama_p019_20141028_20201103_u07r_sbas&blend=0&disp=11&vs=c1j0h0k0l0u0t0z0r0s0m0f1&d=m
干渉SAR 北行			http://maps.gsi.go.jp/?l=36.407157,138.519809&z=15&base=std&vs=c1j0l0u#14/36.399696/138.533049&base=ort&ls=ort%7Curgent_volcano_asamayama_p126_20150417_20200619_u09r_sbas&blend=00&disp=11&lcd=urgent_volcano_asamayama_p126_20150417_20200619_u09r_sbas&vs=c1j0h0k0l0u0t0z0r0s0m0f1&d=m
火山土地条件図			=
産業技術総合研究所			
浅間山火山地質図			https://gbank.gsj.jp/volcano/Act_Vol/asama/index.html
鳥瞰図			https://gbank.gsj.jp/volcano/Act_Vol/asama/map/volcmap0006.html
解説			https://gbank.gsj.jp/volcano/Act_Vol/asama/text/exp06-1.html
1万年噴火イベントデータ集 浅間山			https://gbank.gsj.jp/volcano/cgi-bin/volcanic.cgi?id=043
利根川水系砂防事務所			
浅間山			https://www.ktr.mlit.go.jp/tonesui/tonesui_index011.html

c) 動画コンテンツの充実

動画コンテンツの充実として、これまで自治体の防災担当者に行ってきましたヒアリング調査から火山灰対策や火山灰被害による情報のニーズが高かった。そのため、降灰被害を経験した宮崎県高原町の協力を得て、新燃岳 2011 年噴火の際の記録 DVD 映像や降灰被害や噴火の様子の写真などコンテンツとして掲載した（図9）。



図 9 高原町から提供された動画資料のページ

次に火山防災担当者へのヒアリング調査などからは火山灰対策に関する情報のニーズが高いことがわかる。これは、噴火後には降灰した状況での避難を行う必要があり、降灰した状況での車両走行性能についても自治体防災担当者の関心が高い。そこで、動画コンテンツとして、後述する山梨県が主体となって実施した火山灰走行実験について、その実験結果をまとめて解説した動画を作成し、コンテンツとしてサイトに掲載した（図 10）。



図 10 火山灰走行実験の動画コンテンツ

防災担当者の初任者などを対象とした動画学習コンテンツについては、防災担当者には火山現象を理解するための動画などが必要となることから、火山専門家の視点からスミソニアンのウェブサイトで公開されている火山現象の動画が役立つため、この動画について

今年度いくつかの現象の動画の日本語字幕とナレーションを入れた日本語版を作成し、コンテンツとして閲覧できるようにした（図 11）。



図 11 火山現象の動画コンテンツ

d) 都市構造の簡易分析

前年度ヒアリング調査から防災担当者が避難計画や避難確保計画策定を進めるにあたり、参考にするべき火山の抽出が困難な状態であることが明らかとなった。参考にするべき火山の抽出には、似たような都市構造や地形を持つ火山を分類する必要がある。そこで、似たような都市構造や地形を持つ火山をグルーピングすることを目的として、活火山周辺の都市構造について簡易分析を行った。

活動火山対策特別措置法では、集客施設（ロープウェイ駅、ホテルなど）や要配慮者施設において、避難確保計画を策定する必要があるとしている。そこで、火山噴火が発生した場合、影響がありそうな範囲にある上記施設が策定の対象となる。まず初めに対象施設について今回代表的なものとしてロープウェイ施設、ホテル、福祉施設（特養、養護老人ホーム、障害者支援施設）に加え、病院施設とした。次に範囲については、本来避難確保計画は、火山ハザードマップを基に危険区域内の施設を対象とするが、ここでは簡易的に噴火発生直後に影響の大きい噴石が届く範囲を基に火口から 3 km、6 km と仮定してその中に含まれる施設について GIS を使い、検討を行った。また、住民の避難などを考えた場合、麓の人口規模が影響するため、火口から 3 km、5 km、10 km の人口について国勢調査を用いて検討を行った。

使用したデータは国土数値情報³⁾や e-Stat⁴⁾などから入手した。人口については今回主に山間部などが中心になることから 1 km メッシュデータとし 2015 年国勢調査を用いた。福祉施設については、国土数値情報の福祉施設データ平成 27 年度（石川県については平成 23 年度）を用いた。それ以外のホテルや病院については、基盤地図情報⁵⁾を基に「病院」と名称のあるものを対象とした。活火山の火口位置については気象庁のホームページ⁶⁾を基に常時観測火山の火口位置とした。ここで火口が複数あるケースは、そのどちらかの火口からの数値が大きいほうを採用した。富士山については想定火口の範囲が広く⁷⁾、噴火し

た際の影響などについて複雑でほかの火山との比較が難しいため、今回の検討では除外した。同様に硫黄島については、主に関係者のみ滞在していることからここでは除外した。対象とした火山とその範囲について図 12 に示す。



図 12 対象火山とその位置について

前述した内容について、GISを使い調査した結果を表 2 に示す。都市構造のグルーピングについては、火山周辺の環境と人口を基に分類の検討を行った。まず火山周辺の環境については、災害時の避難方法を考え、島嶼部、火口から 10 km 以内に一部に海がある（海近接）、内陸の 3 ケースとした。次に人口については、人口規模によって避難にかかる時間に影響があることから、5 km 以内にほとんど人がいない（規模 1）、3 km 以内に 5000 人以上（規模 2）、5 km 以内に 5000 人以上（規模 3）、10 km 以内に 5 万人以上（規模 4）、それ以外（規模 5）の 5 つとした。また複数に該当する場合は危険度を考慮して、規模 3、4 のいずれかを優先して割り与えた。さらに、避難確保計画において、対象が観光客と登山者では基本的な違いがないが、避難確保計画の策定側の視点で考えると対象とする火山を訪れる人の規模が火口から 5 km 以内へのアクセス方法によって影響する。このため、ロープウェイ施設が火口から 3 km 以内にある火山を火口近傍までアクセス可能な火山（観光）とし、それ以外を登山向け火山とした。また、避難確保計画を策定する際に前述の通り、ホテルなどの集客施設の有無も重要なことから、5 km 以内の宿泊施設の数を調査した。要支援者施設としては、病院施設と福祉施設を対象としており、これは避難に時間がかかることから、5 km 以内の施設数を調べ、それら施設の有無についてまとめた。

表 2 の中で、桜島については現在噴火警戒レベル 3 となっており、入山ができないことから、観光指標については検討をしなかった。また、阿蘇山については、2016 年まではロープウェイがあったが、阿蘇山中岳 2016 年噴火でロープウェイ施設が被害を受けて^{x)}現在はないが、有料道路によって火口のすぐ近くまで行くことができるため、「観光」と判断した。

今回は簡易分析として実施したため、今後はこの表でまとめた情報で防災担当者が利用できるかなど、次年度以降のヒアリング調査などを通じて検証を行っていく予定である。

表2 各火山の都市構造簡易分析結果

火山名	人口			人口規模	地形	病院・福祉施設				観光指標	ロープウェイ	ホテル
	3km	5km	10km				福祉施設	病院	院			
アトサヌブリ	952	453	300	5	内陸	あり	1	1	登山	なし	3	
雌阿寒岳	11	0	1358	1	内陸	なし	0	0	登山	なし	0	
大雪山	0	41	251	1	内陸	なし	0	0	観光	あり	1	
十勝岳	0	3	0	1	内陸	なし	0	0	登山	なし	2	
樽前山	0	0	221	1	内陸	なし	0	0	登山	なし	0	
俱多楽	2107	5268	18674	3	海近接	あり	1	3	観光	あり	10	
有珠山	1687	9567	30632	3	海近接	あり	3	1	観光	あり	7	
北海道駒ヶ岳	0	134	17649	5	海近接	なし	0	0	登山	なし	0	
恵山	1122	1200	1525	5	海近接		2	0	登山	なし	0	
岩木山	9	1224	8025	5	内陸	なし	0	0	観光	あり	0	
八甲田山	14	30	36	1	内陸	なし	0	0	観光	あり	1	
十和田	369	67	161	5	内陸	なし	0	0	登山	なし	3	
秋田焼山	2	72	77	1	内陸	なし	0	0	登山	なし	0	
岩手山	0	151	14764	5	内陸	なし	0	0	登山	なし	1	
秋田駒ヶ岳	2	40	6143	5	内陸	なし	0	0	観光	あり	1	
鳥海山	0	0	642	1	内陸	なし	0	0	登山	なし	0	
栗駒山	24	51	92	1	内陸	なし	0	0	登山	なし	1	
藏王山	0	538	2954	5	内陸	なし	0	0	観光	あり	8	
吾妻山	0	537	2123	5	内陸	なし	0	0	登山	なし	9	
安達太良山	0	1349	5102	5	内陸	なし	0	0	観光	あり	11	
磐梯山	234	6882	11316	5	内陸	あり	1	0	観光	あり	9	
那須岳	15	85	6970	1	内陸	なし	0	0	観光	あり	1	
日光白根山	0	244	219	5	内陸	なし	0	0	観光	あり	3	
草津白根山	346	1678	24420	5	内陸	なし	0	0	観光	あり	12	
浅間山	0	296	36678	5	内陸	なし	0	0	登山	なし	1	
新潟焼山	0	0	233	1	内陸	なし	0	0	登山	なし	0	
弥陀ヶ原	313	0	186	5	内陸	なし	0	0	登山	なし	2	
焼岳	33	1075	1626	5	内陸	なし	0	0	登山	なし	13	
乗鞍岳	21	662	1114	5	内陸	なし	0	0	登山	なし	6	
御嶽山	0	31	890	5	内陸	なし	0	0	観光	あり	1	
白山	0	0	0	1	内陸	なし	0	0	登山	なし	1	
箱根山	499	8394	53431	4	内陸	あり	1	1	観光	あり	45	
伊豆東部火山群	20074	44606	16981	2	海近接	あり	3	2	観光	あり	32	
伊豆大島	389	1037	6439	5	島	なし	0	0	登山	なし	2	
新島	2149	81	519	5	島	なし	0	0	登山	なし	0	
神津島	1891	0	519	5	島	なし	0	0	登山	なし	0	
三宅島	1219	422	841	5	島	なし	0	0	登山	なし	0	
八丈島	6054	1559	0	4	島	なし	0	0	登山	なし	3	
青ヶ島	178		5	島	なし	0	0	登山	なし	0		
鶴見岳・伽藍岳	830	21716	122416	4	海近接	あり	9	6	観光	あり	12	
九重山	29	354	7872	5	内陸	なし	0	0	登山	なし	11	
阿蘇山	36	2213	25368	5	内陸	あり	2	1	観光	あつた	1	
雲仙岳	912	8949	65693	3	海近接	あり	0	5	登山	なし	5	
霧島山	130	90	23033	5	内陸	あり	1	0	登山	なし	0	
桜島	647	3273	131287	4	島	あり	0	1	入山不可	なし	0	
薩摩硫黄島	130	0	0	5	島	なし	0	0	登山	なし	0	
口永良部島	0	0	0	5	島	なし	0	0	登山	なし	0	
諏訪之瀬島	73	0	5	島	なし	0	0	登山	なし	0		

e) 社会防災分野との連携

降灰被害予測コンテンツによる情報発信の在り方を検討するために、昨年度の調査データを詳細に分析した。富士山噴火に伴う首都圏での降灰は多くの人がイメージできているが、具体的な影響については考えられていない点などを分析し、降灰被害予測に関しては、社会的影響に踏み込んだ噴火災害イメージの社会啓発が求められることが明らかになった。そこで、今年度は、社会的影響の検討に進む一歩として、ライフライン企業との意見交換会を実施した。加えて、火山防災用映像 VolFilm 日本語版について、テレビ番組制作者の意見を聞く場を設け、ナレーションの読み上げ速度や主語の明示頻度、用語の日常使用との整合性などの面から意見交換をした。また、噴火時にどのような情報に対する社会的需要が発生するのかの参考とするため、新聞記事の内容分析を実施した。このうち、ライフライン企業との意見交換会ならびに噴火災害に関する新聞記事の内容分析を詳述する。

i) ライフライン機関との意見交換

社会に役立つ火山研究の方向を探るうえで、災害時の社会生活に大きな影響を与えるライフライン機関との相互理解を深めるために、富士山噴火災害の概要、ライフライン各社の火山対策の現状と課題ならびに各社が今後防災対策を展開する上で必要となる情報に関する意見交換を行った。

意見交換会は、2021年9月22日にZOOMによるリモートで実施した。ライフライン企業側の参加者は、JR東日本、東京ガス、東京電力、NTT東日本ならびにDocomoの各社の防災担当者計13名であった。火山研究者として防災科学技術研究所から3名、東京大学大学院情報学環から1名参加した。

表3 ライフライン企業との意見交換会に対する事前質問内容

1. 富士山の降灰対策について
1) 予防対策
1-1) 各社が対策を検討している降灰による自社サービスへの影響
1-2) 内閣府が発表している降灰シミュレーションに追加が望まれるデータや様式
1-3) 重要施設やネットワークへの予防対策の可能性と必要となる補足情報やデータ
2) 警報段階での対策
2-1) 営業エリアの活動の制限など警報段階で実施する可能性のある対策
2-2) 警報等について情報提供から現象の発生までに必要な時間的な余裕
2-3) 発生確率、継続時間など警報等に求められる追加情報
3) 応急復旧期の対策
3-1) 噴火に伴う被害発生後の対策ならびに他の災害との対策の異同
3-2) 復旧要員の安全確保のため警報等に求められる時間的な余裕
2. 噴火災害全般について
1) 火碎流や溶岩流、泥流などその他の火山現象で期待する情報
2) 富士山以外で関心のある火山

3) 気象庁・国交省等の情報で補足・解説が欲しいと思う事項

まず、意見交換会での質疑を効率的に進めるために、予め表3に示した富士山の降灰対策の実施状況ならびに火山噴火災害全般に関する質問等を送付し、回答を得た。得られた回答をもとに、火山研究者側から富士山火山災害の特徴と課題ならびに降灰シミュレーション・降灰影響実験について説明した後に、ライフライン機関の防災担当者と火山研究者との意見交換を行った。

意見交換の主な内容は以下の通りであった。

降灰の影響について

- ・富士山の大規模な噴火の前には月単位の先駆現象がありそうなので、ライフライン機関の要員計画等準備は可能と思われる。
- ・噴火の継続時間がライフライン機関として対策をとるうえで重要である。しかし、現状ではひとつの噴火活動の盛衰はある程度分かるが、イベント全体としての終息判断は難しいと考えられる。
- ・海等開放水域の水質汚染等への関心がライフライン機関に高かったが、その影響は少ないと予測される。
- ・降灰下での応急対応要員等の安全確保策の必要性が議論され、火山灰は粒径からみて通常の不織紙マスクで対応可能と考えられるなど具体化が図られた。
- ・ライフライン機関としては、一般需要家が窓を閉め切ることでCO₂濃度の上昇など安全面の課題も想定していることが指摘された。
- ・復旧戦略としては、降灰による影響は確率的なので、実際に被害が発生した個所に対して復旧を行うというライフ機関側の基本方針が共有された。

降灰シミュレーションについて

- ・停車してしまうと、相互乗り入れ等他区間にも影響が波及してしまうので、早めのオペレーションが必要である。その観点から、ライフライン機関としては、緊急時のリアルタイム予測はると有効。
- ・火山研究として、噴煙中の高さがわかれば、量的降灰予測も可能であり即時に情報生産は可能。気象庁も降灰予測をするだろうが、「やや多量」など質的表現の可能性。
- ・降灰シミュレーションの提供は、本プロジェクトで目標としている2km～5kmメッシュであれば、ライフライン機関側としても自社の設備と対応をつけることができるのと有用である。

降灰実験について

- ・電子機器への影響について、本プロジェクトのPCの動作確認実験結果を紹介した。
- ・ライフライン機関としては、通信に依存する分が大きいとの実情が紹介され、火山研究の中に通信への影響検討している事例やGPSが降灰の影響を受けることがある事例が共有された。
- ・本プロジェクトでの実験は期間的にできないが、通信線への影響や給湯器等のフィルターのない吸気孔をもつ設備への影響など今後の検討事項が示された。

情報共有のための制度

・ライフライン機能は相互に依存しており、噴火現象だけではなく需要や規制にも規定される。そのためライフ機関としては地域ごとに、道路の除灰、避難指示の発令、復旧順位など統一的な対応を議論する場が必要であるとの指摘があった。

なお、令和4年度以降においても引き続き議論の場の設定をライフライン機関と検討する。

ii) 海底火山噴火時の報道から見た情報需要

海底火山の噴火が相次ぎ、社会の耳目を集めた。そこで、噴火時にどのような情報に対する社会的需要が発生するのかの参考とするため、2021年フンガトンガ＝フンガハーパイ噴火災害ならびに2020年福徳岡ノ場噴火災害時の新聞記事内容を分析した。なお、この結果は、次世代火山研究推進事業令和3年度研究集会にて「海底火山噴火災害と社会について：所感－メディアの関心から－」と題し、概要を発表した。

内容分析の対象と方法

分析対象としたのは、朝日新聞デジタルで、以下のキーワードによる検索をかけて該当した記事である。通常の内容分析では、複数紙を対象とすることが多いが、政治関連ではないことから全体像をつかむために1紙とした。2021年フンガトンガ＝フンガハーパイ噴火災害については、「トンガ」をキーワードとして、また2020年福徳岡ノ場噴火災害については、「福徳岡ノ場」をキーワードとして検索した。その結果、トンガ海底火山については249件が、また福徳岡ノ場については49件が抽出された。なお、福徳岡ノ場については、より多くの記事を抽出するため「小笠原 噴火」でも検索したが、西之島の噴火が加わっただけで抽出記事数は変わらなかった。

これらの抽出記事を読み、その見出しと内容をグルーピングし、後述するコーディングを行った。対象とした、朝日新聞デジタルの記事は、会員向けと非会員向けに分かれており、非会員向けは記事全文を見ることができる。他方、会員向けは記事によっては、記事の途中まで全文は読めないものも少なくない。このうち本分析で用いたのは非会員一般向けの記事の範囲であり、内容をコードディングしていく上で、見出しのウェイトが高くなる。

コーディング作業として、その第1層として、「噴火現象」、「災害誘因」、「被害」、「対応」ならびに「その他」に分けた。「噴火現象」と「災害誘因」については、『災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画（第2次）の推進について（建議）』（平成31年1月30日 科学技術・学術審議会）にある「地震・火山噴火という自然現象が引き起こす地震動、津波、火山噴出物、斜面崩壊などの災害誘因が、自然や社会に潜在的に存在する脆弱性などの災害素因に働きかけ、これらの誘因と素因の組み合わせと相互作用の状態に応じて様々な規模の災害が発生する」に従った。第2層以下は、理論モデルに依拠した演繹的コーディングシートは用意せずに、特徴的なキーワードを余りまとめずに付与して全体像を把握していくいわば帰納的なアプローチをとった。その意味で、モデルに基づく仮説の妥当性を検証するという仮説検証型ではなく、全体の構造を仮説的に見出すことを目的とした仮説発見型ということになる。

また、通常の量的内容分析では仮説を知らされていない複数者がコーディング作業を行い、その複数者の分類の判断結果の一致率を取る。しかし、本分析では、コーディング作

業は田中が行った。その意味では量の多少から仮説を検証する量的内容分析ではなく、対象とする記事内容の構造を明らかにしようとする質的分析に該当する。

2021年フンガトンガ＝フンガハーパイ噴火災害についての内容分析の結果

2021年フンガトンガ＝フンガハーパイ噴火災害についての結果を表4-1と4-2に示した。表中の()内の数値は件数で、参考までにその後に典型的な記事の見出しを付した。たとえば、「1. 噴火(29件)」は、大分類に当たる噴火の現象に関する記事が29件であることを示す。次の「発生(2)」は細分類で、「トンガの海底噴火、噴煙は半径260キロに広がる」といった発生を伝える記事が2件あったことを示す。

2021年フンガトンガ＝フンガハーパイ噴火災害については表2に示した通りで、全体で249件が抽出された。その中で、大分類では、日本沿岸でも観測された「気象津波」関係の記事が74件と最も多く、249件の3割近くを占めた。ついで「被害」が55件、「支援」が51件と続き、「噴火」は29件と1割強だった。ただし、気象津波の細分類に「漁業被害」など被害11件を含めている。これを大分類の被害に移すと被害が66件、気象津波が63件となり、被害が最も多くなる。

大分類の「被害」には、被害全般に関する記事が17件と多いが、死者3名という内容や邦人に被害なしという人的被害関連が合わせて5件、トンガで被害をもたらした降灰被害に特化した記事5件となる。その中で、通信(12件)やコロナ感染実態や感染防止など複合災害として注目されている記事(12件)の多さが注目される。通信は、現地と連絡が難しくなり、被害の全容が把握できないなど初動に大きな影響を与えた。それだけではなく、ガス事業や鉄道事業など他のライフライン機能を維持する上でも重要であり、ライフラインのなかでも電気と並んで基盤となっている。火山噴火災害の被害想定において、通信への影響評価は重要である。

表4-1 2021年フンガトンガ＝フンガハーパイ噴火災害についての内容分析結果(1)

<u>1. 噴 火 (29件)</u>
発生(2) : トンガの海底噴火、噴煙は半径260キロに広がる
海没(3) : 「トンガの火山島、陸地の大部分が消失か」
現象(7) : 地球かけ巡る衝撃波、巨大すぎる傘型噴煙
気候(5) : 気温下げるガス、放出少なめ 気候への影響、限定的か
将来の噴火(7) : 大規模噴火、もし日本で起きたら?
体験談(3)、予知(1)、誤報(1)
<u>2. 気象津波 (74件)</u>
観測(9) : 岩手・久慈で1.1メートル 各地で津波観測、トンガ諸島の噴火影響
発生メカニズム(5) : トンガ噴火「気象津波」か 増幅し日本に、海底地形も影響?
漁業被害(9) : 種子島で養殖ブリ大量死 トンガ噴火で潮位影響か
トンガ津波被害(4) : 津波で被害か、「全住宅が倒壊」の島も
警報発表・解除(4) : 奄美・トカラ列島に津波警報、太平洋側広域に注意報
警報見直し(6) : 海外での大噴火、「津波調査」周知 気象庁、2時間以内に
避難実態(8) : 深夜のサイレン、よぎった大震災の記憶 「とにかく逃げる」避難所へ
避難課題(11) : 未明の津波避難、悩める指示 「寝耳に水」避難者わずか

影響(5)：日本航空が 27 便を欠航 仙台空港や奄美大島、徳之島の発着便

影響共通テスト(7)：追試終え、全日程終了 異例続きの共通テスト

その他(6)：赤と白の「津波フラッグ」知っていますか？

3. 被害 (55 件)

全般(17)：トンガ国會議長「衛星電話つながらない」「手遅れになる前に水を」

降灰(5)：島に積もる火山灰、壊滅的状況も

死者(3)：トンガ政府が初の声明、3人の死亡確認

邦人(2)：「トンガの邦人約 40 人無事」外務省幹部 現地は衛星携帯でやりとり

通信(12)：海底ケーブルに地滑りか「復旧に 3 週間」

複合コロナ(12)：トンガで 5 人感染、ロックダウン 帰国者以外で初

その他(4)：噴火の夜、トンガで流れたラブソング 人々の心つないだ地元ラジオ局

気象津波に含まれる細分類の中で、最も多かったのは津波避難の実態や課題への言及で、19 件となる。今回の気象津波に関して警報・注意報が発表されたが、発表状況や課題、気象庁の見直しなど合わせて 10 件見られる。このほか気象津波がもたらした種々の社会的影響も多い。航空機等の影響 5 件に加えて、共通テストへの影響が 7 件と多く伝えられている。

発生メカニズムに関しては気象津波という災害誘因がその現象の珍しさもあってか、記事数は 5 件あった。ただし、全体的にみると、気象津波によってもたらされた被害や影響、避難への関心が高いという傾向は顕著である。

表 4-2 2021 年 フンガトンガ=フンガハーパイ噴火災害についての内容分析結果(2)

4. 支援 (51 件)

海外(21)：NZ・豪、トンガ支援へ哨戒機派遣

日本(14)：トンガ支援で海自輸送艦「おおすみ」出港へ 飲料水や高圧洗浄機など

ラグビー関係(10)：ラグビーの縁 トンガへ支援金

その他(6)：活火山ふもとの町、ふるさと納税からトンガ支援 「お互い様の精神」

5. その他 (40 件)

カボチャ(7)：カボチャにそろばん、実は深い日本とのゆかり 火山噴火のトンガ

北京五輪(5)：米領サモアの旗手、寒さに負けずテカテカで行進

皇室(3)：皇室とトンガ、深い縁 両陛下が訪問

ラグビー(3)：神戸 4 T、今季初白星

心配(7)：「津波が来る」途切れた電話 トンガ出身マヘさん、釜石で故郷案じる

俳句・川柳(6)：論壇委員が選ぶ今月の 3 点

災害リスク(2)：トンガの災害リスクは世界 2 位？

その他(7)：「人知で計り知れないのは一緒」 震災被災地で噴火災害を振り返る

同様に、「噴火」現象に関わる記事は 29 件と多くはない。細分類で見ると、「発生」を伝える記事 2 件、海没を伝える記事 3 件となっている。比較的多いのが巨大な噴煙中など噴

火で生じた「現象」の記事が 7 件であるが、大規模噴火であることから「気候」への影響に特化した記事も 5 件ある。早い段階で気候に与える影響は限定的という評価が伝えられた。また日本近海での大規模な海底噴火の可能性も含む、将来の噴火について 7 件あった。予知に分類した記事は、直前の小規模噴火が前触れだったのかどうかの判断に関するもので、誤報は、「トンガで再噴火」という記事が取り消されたものだった。

大分類「支援」は、諸外国が実施した支援 21 件と日本が行った支援 14 件を中心となっている。ラグビーがつなぐトンガと日本との関係に基づく民間支援も 10 件と多い。大分類「その他」として分類した多くは、トンガと日本との関係を描くことで、身近な国で起きた災害であることを示そうという試みと読み取れる。ラグビーのほか、北京五輪の開会式、カボチャの結ぶ縁などの切り口から描かれている。また、俳句・川柳の欄に投稿された句にもトンガでの海底噴火が読み込まれるほど、広く社会の関心を集めたと言えよう。

以上の結果をまとめつつ、トンガ=噴火災害を伝える記事を見ると、被害への関心とその被害をもたらした災害誘因である気象津波への関心が高い。もちろん、今回の事例では、前述の通り、全球的な気候への影響について、火山専門家より早めにその恐れが低いことが情報発信された。このため、気象津波に集中する結果となつたのであり、次回には気候への影響が大きくなる可能性はある。いずれにせよ、メディアの関心は、実際に顕在化した被害に向けられる実態があること、また共通テスト等社会に注目される社会活動に対する影響が大きく伝えられていることが示唆される。このことは、噴火時期によってあらゆる社会活動に影響が生じる可能性があり、その影響評価はある程度事前になされておく必要があることになる。

2020 年福徳岡ノ場噴火災害についての内容分析の結果

2020 年福徳岡ノ場噴火災害についての結果を表 5 に示した。ここでも表中の（ ）内の数値は件数を意味し、また典型的な記事の見出しを例示した。福徳岡ノ場での噴火事例については、49 件が抽出された。

表 5 2020 年福徳岡ノ場噴火災害についての内容分析結果

<u>1. 噴 火 (11 件)</u>
海没(3)：福徳岡ノ場の新島が海没 朝日新聞社機が確認
観測(4)：大量の軽石の原因、海底火山を観測
予測(2)：絶海の「現れては消える島」 今回どうなる？
解説(2)：(ののちゃんのD O 科学) 海の中にも火山があるの？
<u>2. 軽 石 (34 件)</u>
観測(2)：軽石、三宅島沖にも 朝日新聞社機で確認
予測(3)：軽石、今後どうなる？ 気泡に水入れば沈むが…
漂流シミュレーション(4)：軽石、沖縄漂着後は本州接近か スパコンで予測
被害全般(2)：(社説) 軽石の漂着 被害の拡大に備えよ
漁業・観光被害 (11)：大量の軽石で漁船 750 隻が出漁できず 魚の大量死も
対策(3)：軽石防げ、港にフェンス 神津・御蔵島、本格的漂着に備え
影響－選挙(2)：軽石、選挙へ影響懸念 沖縄、撤去作業を開始
影響－停電(4)：軽石「島全体が停電危機」 鹿児島・与論、タンカー接岸できず

影響－辺野古工事(2)：辺野古工事、軽石漂着で中断

原発(1)：原発への影響は？規制委は注意呼びかけ

3. その他の(4件)

10大ニュース(1)、天声人語(1)、論説(2)

表5に示した通り、大分類「1. 噴火」が11件であるのに対して、災害誘因にあたる「2. 軽石」は34件と約7割を占めた。

大分類「噴火」では、海上保安庁の観測結果や航空機からの観察などが含まれる細分類「観測」が4件、新島が「海没」したことを伝える記事が3件、解説としたのは、「福徳岡ノ場、地下のマグマに別のマグマが流入か 大規模噴火の要因に」という一般記事と「(ののちゃんのDO科学)海の中にも火山があるの？」という子供向け解説記事の2件である。予測には「都心から1300キロ 絶海の「現れては消える島」 今回どうなる？」を予測した記事が2件であった。

観測や予測は、噴火そのものよりも災害誘因とみなした大分類「軽石」でも、たとえば「軽石、今後どうなる？ 気泡に水入れば沈むが」など多く取り上げられた。中でも漂流シミュレーションは「軽石、沖縄漂着後は本州接近か スパコンで予測」など4件が掲載されている。この軽石に関しては、直接的な被害をもたらし、社会の耳目を集めたからである。被害としては被害全般を伝える2件に加え、「大量の軽石で漁船750隻が出漁できず魚の大量死も」など漁業や観光への被害が11件と最多であった。

このほか、軽石が燃料補給を妨げて「島全体が停電する危険性も」「噴火でできた大量軽石、影響が拡大」といった細分類「停電」が4件、「原発」への影響が1件、「辺野古工事、軽石漂着で中断」といった辺野古工事への影響を伝える記事が2件など、社会的影響も多く取り上げられていた。この中で原発は「漂流する軽石、原発への影響は？ 冷却に海水、規制委は注意呼びかけ」と規制庁発の注意呼びかけを紹介している。なお、分類上は「被害全般」に入れた記事の一部でも同様の注意呼びかけを伝えている。

なお、これらを災害誘因ではなく、大分類「被害」として独立させることも可能であるが、フンガトンガ＝フンガハーパイ噴火災害では、気象津波という特定の災害誘因による被害を「災害誘因」と分類したことと整合させるために「災害誘因」に分類した。かりに大分類「被害」とすれば、「被害全般」以降25件が「被害」となり、災害誘因「軽石」は9件となる。ただし、いずれにせよ、被害をもたらした災害誘因の直接的被害や社会的影響が多いという本質は変わらない。

なお、大分類「その他」には「今年もいろいろあった科学ニュース」の中にノーベル賞や変異株と並んで、この他論説の中で、東京23区で震度5強の直下型の地震などとともに、今回の福徳岡ノ場での噴火を取り上げている。

福徳岡ノ場噴火事例の記事傾向を全体的にみれば、災害誘因にあたる「軽石」関連の記事が最多であり、漁業被害など実際の被害が詳しく取り上げられている。ただし、辺野古の工事への影響や原発への影響に関する記事が掲載されている点にも留意が必要であろう。海底噴火災害についての内容分析のまとめ

以上のように、社会的関心をマスメディアの掲載記事からみてきた。火山噴火時には、火山研究コミュニティが対応に迫られる可能性のある論点と言える。今回の両事例とともに、

被害への関心とその被害をもたらした災害誘因である気象津波と軽石への関心が高い。このことは、メディアの関心は、実際に顕在化した被害に向けられる実態があることを示唆する。将来の噴火災害時においても、被害とその原因となる災害誘因に関する報道が志向される可能性がある。なかでも被害としては、人的被害が最も注目されるが、今回の両事例からみると、多くの人に波及する被害や社会的影響が取り上げられている。

そのひとつが、通信障害や停電である。通信障害や停電は波及効果が大きいことから噴火以外の他の災害時にも大きく伝えられる。火山噴火に伴う被害想定においては、通信と電力に対する影響と通信障害や停電に伴う社会的波及を評価しておく必要があると言えよう。もうひとつ、社会的影響の中として辺野古工事や共通テストへの影響が取り上げられていた。辺野古工事など特定の地域でのみ生じるもの、大きな政治的な論点に関する影響や共通テストなどのように時期は限定されるが全国的に関心の高いイベントへの留意が求められる。

このように社会に注目される社会活動に対する影響が大きく伝えられることは、今回の両事例ともに国内での人的被害がなかったため、相対的に大きく伝えられたという側面もある。しかし、噴火災害による被害や社会的影響ならびにそれらと結びつく噴火現象に高い関心が寄せられたこともまた事実であろう。火山によって、噴火時期によって、あらゆる社会活動に想定外の影響が生じる可能性がある。種々の業界や業態での被害や影響を、より広い主体との連携のもと、解明していくことが求められる。

2) 降灰被害予測コンテンツ試作版の高度化

a) 降灰に関する数値計算による検討

過年度実施した空調室外機や冷却塔の降灰影響実験では、一様な降灰状況や火山灰粒子に慣性力が働くかないという理想化した条件で、機器の動作に影響を与える降灰深が評価された。実際には、降灰中の火山灰粒子には慣性力が働くため、空調機による火山灰吸引量に影響する可能性がある（図 13）。今年度は、冷却塔をモデル化し慣性力を考慮した数値計算によって、吸込量と降灰深との関係の再評価を行った。さらに、吸気口へのフード状の簡易カバーについて、火山灰侵入軽減対策としての設置の効果の有無についても調べた。

空調室外機は建物の屋上や側壁などに置かれるが、機器近傍での降灰状況は、実際には建物により変動を受けた風の影響を受ける（図 14）。空調機への火山灰侵入は水平方向の吸気気流によって起こるので、浮遊火山灰の空間濃度が重要であるが、ここでは、単純形状の建物を想定し、降灰への建物影響について慣性力を考慮した降灰計算によって調べた。

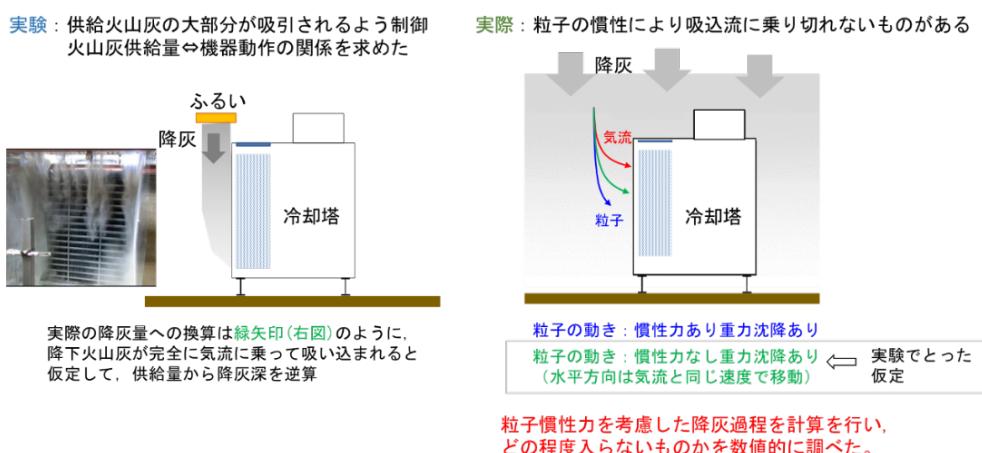


図 13 実験と実際の降灰

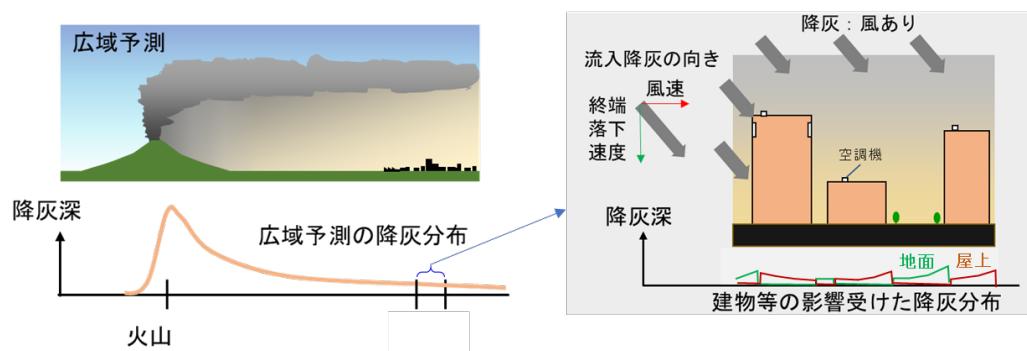


図 14 広域の降灰と建物近くの狭い範囲の降灰

i) 火山灰の空調機への吸引量の再評価

図に計算領域と冷却塔のモデル化、実験に用いた冷却塔の写真を示す。冷却塔のモデルは、実験に用いたものに合わせた寸法とした。中央の図の薄青のハッチの箇所が吸気口である。計算領域は1辺10mの立方体とした。

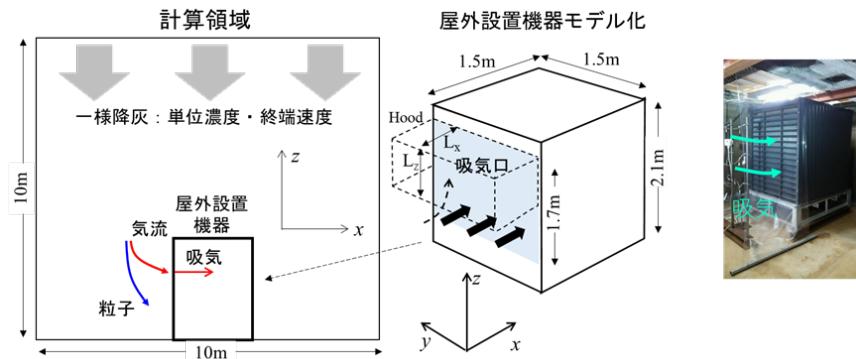


図 15 計算領域（左）、冷却塔モデル化（中）、実験に用いた冷却塔（右）

冷却塔の吸気気流を図に示す。吸い込み力の影響は、吸気口からだいたい1m程度の範囲内で有意と認められ、およそこの範囲の粒子が吸引力の影響を受けるとみられる。

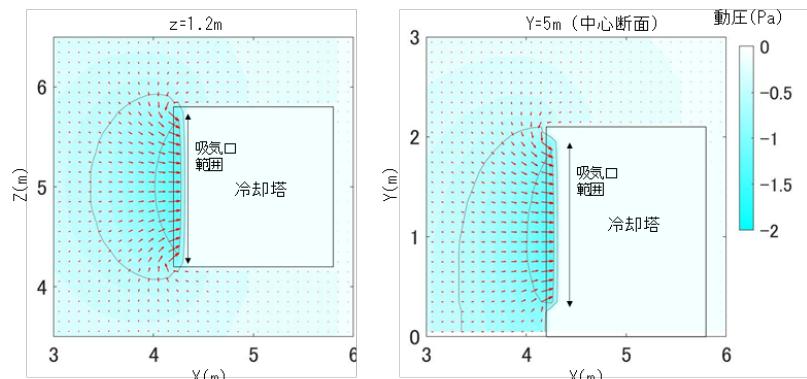


図 16 冷却塔の吸気による動圧(センター)および気流(ベクトル, 1格子化間隔が 1.5m/s)

実験における火山灰吸引を模擬した計算結果を図に示す。厳密な比較検証ではないが、吸引量は実験と対応しており、目安として計算は妥当な範囲にあると考えられる。

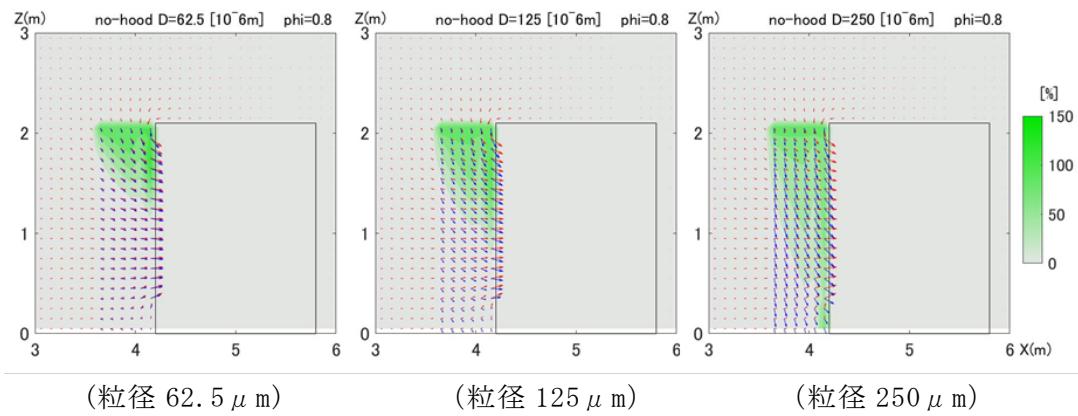


図 17 冷却塔実験に相当する条件での計算結果

冷却塔の中心断面における気流ベクトル（赤）、火山灰粒子ベクトル（青）、浮遊火山灰無次元濃度（緑色のコンター）を図に示す。無次元濃度は、計算領域上端から終端速度で落下してくる単位濃度の火山灰に対する相対濃度を表している。図には、粒径 $62.5 \mu\text{m}$ 、 $250 \mu\text{m}$ 、 $500 \mu\text{m}$ が示されている。 $62.5 \mu\text{m}$ の粒子は気流によく追随しているが、粒径が大きくなるにつれ、粒子の速度と気流の速度の差が急速に大きくなるのがわかる。

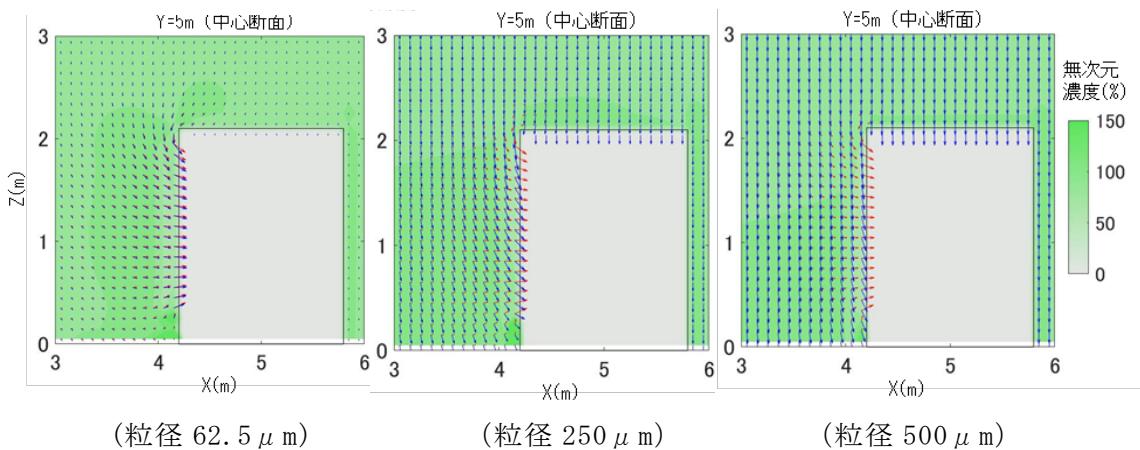


図 18 気流速度ベクトル（赤）、粒子速度ベクトル（青）火山灰無次元濃度分布冷却塔中心を通る断面図。

空調吸気口への火山灰吸引量について、粒子の慣性力を考慮した場合の、考慮しない場合に対する比率 α を求めた。結果を図に示す。慣性力を考慮では、しない場合と比べ全ての粒径について比率 α は 1 よりも有意に小さい。球形度は、粒子の表面積に対する粒子と同じ体積を持つ球の表面積の比率で球は 1 、火山灰は 0.8 前後が多いとされる。いずれの球形度でも比率 α は単調に減少しており、同じ粒径では、球形度が大きいほど（球に近いほど）比率が小さい。過年度の実験で慣性力を考慮せず見積られた降灰深さは過少に評価された可能性があり、機器に影響を与える降灰深がもう少し大きい可能性が示唆される。

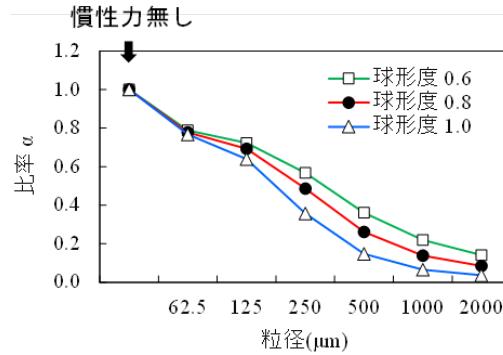


図 19 火山灰吸引量の慣性力を考慮しない場合に対する比率. 粒径および球形度による違いを示す.

フード状の簡易カバー設置の効果について検討した。図の吸気口に書かれた破線のような矩形の簡易的なもので、吸気口の前面直上に取り付けられる。全く任意的であるが、図 15 の L_x 、 L_z の組合せとして、 $(L_x, L_z) = A(400\text{mm}, 400\text{mm})$ 、 $B(400\text{mm}, 800\text{mm})$ 、 $C(800\text{mm}, 400\text{mm})$ の A、B、C の 3 タイプを考えた。こうした対策に関する検討を行う理由としては、火山灰吸引量を減少できれば影響が出るのを遅らせることができ、場合によっては被害を回避できる可能性もある。さらに、噴火災害は低頻度の災害であるため、特別にしつらえられた装置でなくとも、簡便なもので一定の効果が得られるのであれば、対策として広く実施される可能性が高いと考えられるからである。

フード状カバーを設置した場合の無次元濃度、気流および粒子の速度ベクトルを、粒径 $250 \mu\text{m}$ について図に示す。カバーの設置により吸気口前面の火山灰濃度が、部分的なものもあるにせよ全てのケースで減少している。いずれのタイプでも粒径が大きくなるにつれ、フード下の低濃度の範囲が急速に増加した。フードのタイプ別では、タイプ C が低濃度の範囲が最も広い。

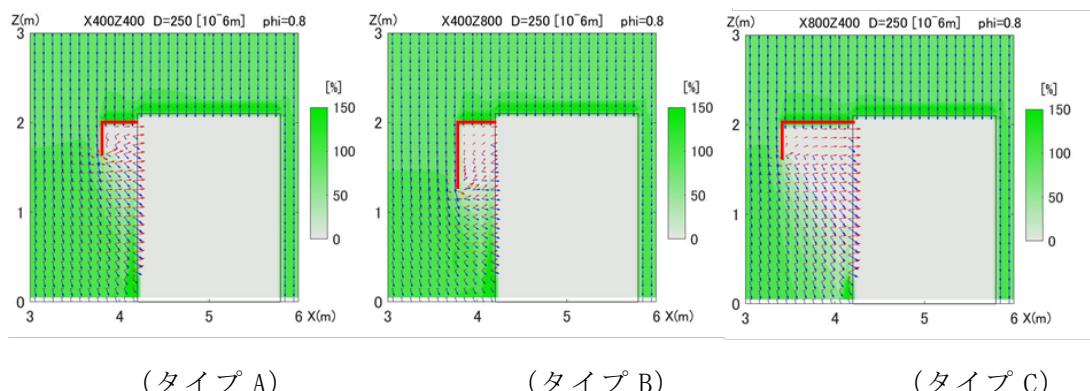


図 20 フード状簡易カバーがある場合の気流速度ベクトル（赤）、粒子速度ベクトル（青）および火山灰無次元濃度分布. 冷却塔中心を通る断面内. 左から順にフードタイプ A, B, C. 粒径 $250 \mu\text{m}$. 球形度 0.8.

フード状カバーの有無およびタイプの違いによる慣性力なしフード無しに対する火山灰吸引量の比率 α を図に示す。いずれの球形度でもタイプ A、B、C の順に小さくなるフード状カバーは火山灰の空調機器への侵入抑制に一定の効果があることがわかった。

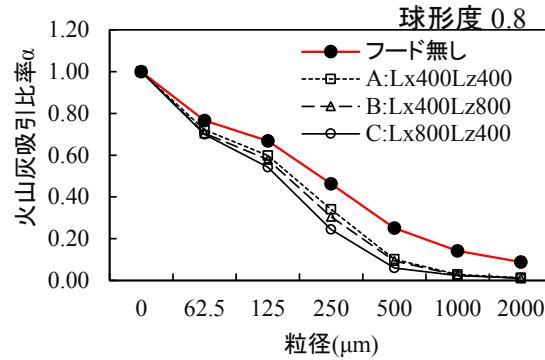


図 21 慣性力無しの場合に対する、粒子球形度、フード状カバーの有無およびタイプによる吸気口への火山灰吸引比率。球形度 0.8。横軸の 0 は慣性力なしの場合を表している。

ii) 降灰への建物影響（単純形状・単体建物）

ここでは、数値計算によって降灰への建物影響について検討する。特に、空調への影響において重要な火山灰の空間濃度および建物および周辺の降灰深に着目する。空調機器が実験での仮定のように一様な降灰の中で水平面上に置かれた場合と比べ、建物影響がある場合、どの程度の幅があるのかを調べる。複数の建物がある場合については、令和 4 年度の作業において引き続き検討する。

計算に用いた建物モデルを図エラー！ 参照元が見つかりません。（右）に示す。比較的多く見られる 6~7 階建て程度の大きさの建物とした。屋上の北東の隅には塔屋を設けた。気流の風速は地上高度についての指数 0.2 の指數関数に従うとした。流入気流は地上 10m で 2.5、5.0、7.5m/s とした。

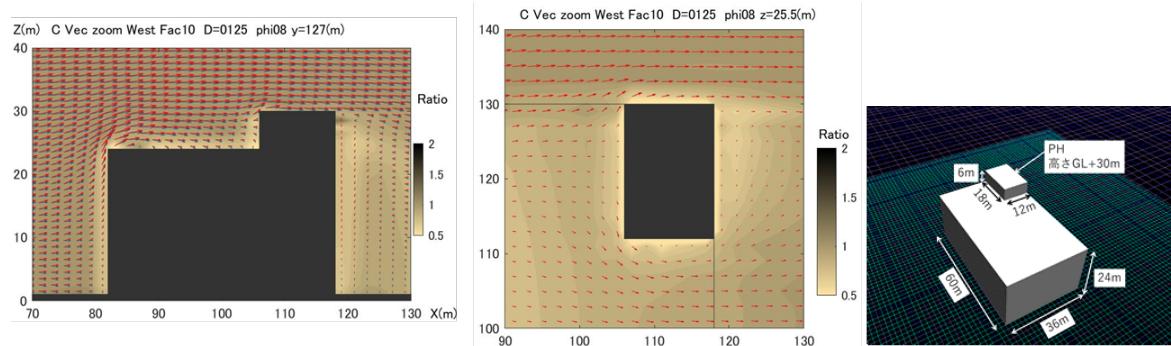
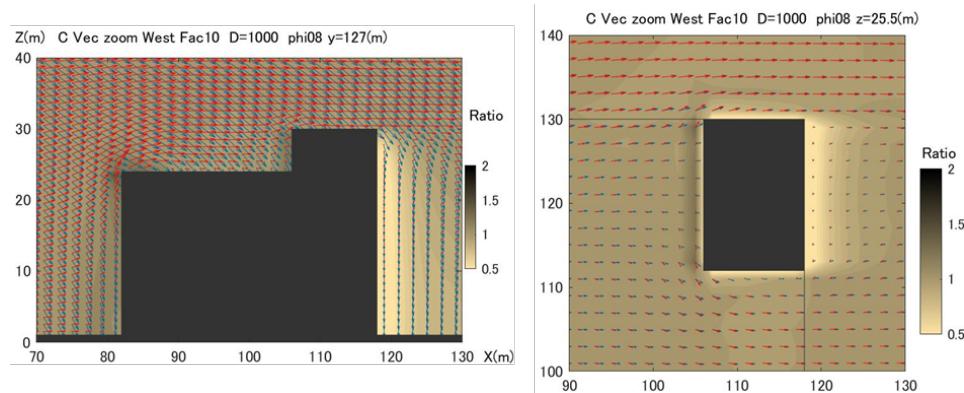


図 22 気流、粒子の速度ベクトルおよび火山灰の無次元濃度分布。赤は気流ベクトル、青緑は粒子ベクトル。塔屋中心を通る東西一鉛直断面（左）、屋上 1.5m 高度の水平断面（中）無次元濃度の定義は本文参照。粒径 125 μm。右端は建物モデル。

本研究での降灰計算の特徴を示すため、粒径 $125 \mu\text{m}$ 、 $1000 \mu\text{m}$ について、気流と粒子のベクトルを図に示す。赤い矢印が気流ベクトル、青緑矢印が火山灰粒子ベクトルである。粒径 $125 \mu\text{m}$ では、比較的気流とあつた運動をしている。粒径 $1000 \mu\text{m}$ では、気流と粒子速度との差が目立つ。慣性力を考慮した計算の特徴的な面である。



図（続き）粒径 $1000 \mu\text{m}$

粒径による火山灰濃度の違いを西風、東風の両方について示す。図は、無次元濃度で、粒径 125 、 $2000 \mu\text{m}$ についてである。粒径が小さいと建物を避ける傾向がある。粒径が大きくなるにつれ、風上側前面の濃度が 1.0 より大きくなり、同時に風下側の壁面近傍の濃度は減少、低濃度の範囲が狭くなる。建物風上側と風下側の濃度差が大きくなってくる。

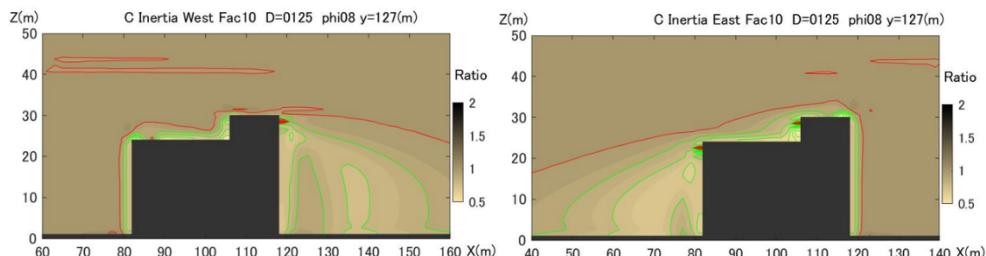
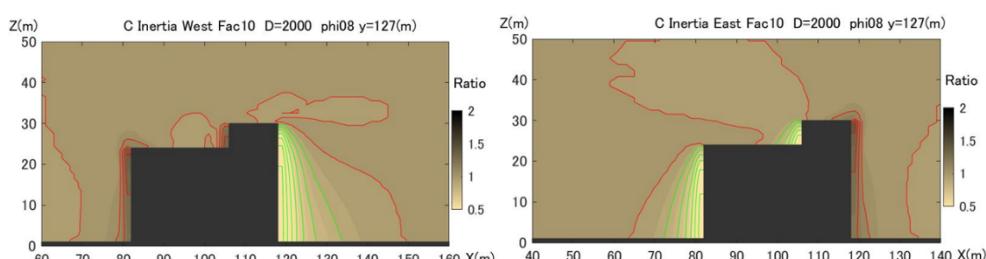


図 23 粒径および風向による浮遊火山灰無次元濃度の比較。塔屋中心を通る東西一鉛直断面。無次元濃度の等価線は間隔が 0.1 で、 1.0 以上は赤、 1.0 未満は緑。風速 5m/s 、西風（左）、東風（右）、粒径 $125 \mu\text{m}$ 。



図（続き）粒径 $2000 \mu\text{m}$

図に屋根及び地面の無次元降灰深分布（水平一様な降灰に対する相対値）を西風、東風について示す。等値線は間隔が 0.1 で、1.0 以上は赤、1.0 未満は緑である。塔屋の西側（図の左が西）では、粒径が小さいと西風、東風ともに 1.0 以下であるが、粒子が大きいと西風のときは 1.0 以上で、東風では 1.0 以下という差がはっきりしている。地面では、風下側には降灰深が相対的に少ない範囲が風下に伸びている。大きな粒子になると、建物風上側での火山灰の堆積が多くなっている。

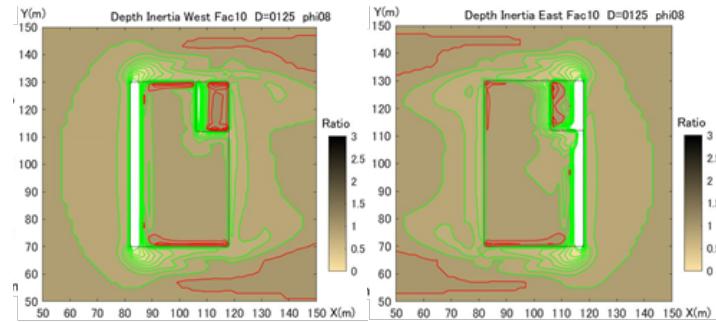
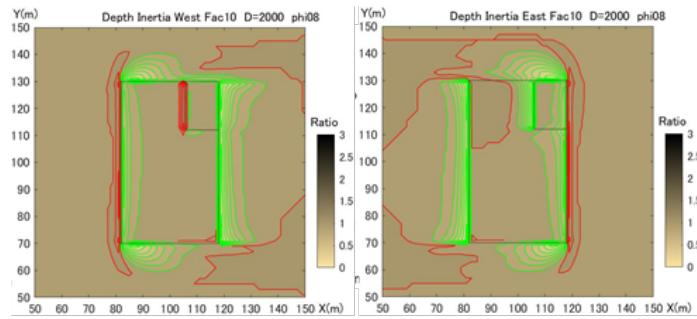


図 24 屋上および地面の無次元降灰深分布。等値線は間隔が 0.1 で、1.0 以上は赤、1.0 未満は緑である。風速 5m/s、西風（左）、東風（右）、粒径 $125 \mu\text{m}$ 。



図（続き） 粒径 $2000 \mu\text{m}$

慣性力の有無による浮遊火山灰空間濃度比較を西風について図に示す。慣性力考慮の有り無しの比較を粒径 $62.5 \mu\text{m}$ と $2000 \mu\text{m}$ について示す。粒径 $62.5 \mu\text{m}$ では、慣性力の有無による違いは小さいが、 $2000 \mu\text{m}$ では差が顕著で、慣性力考慮の方が風上側、風下側の濃度分布の非対称性がはっきりしている。降灰深についても同様であった。

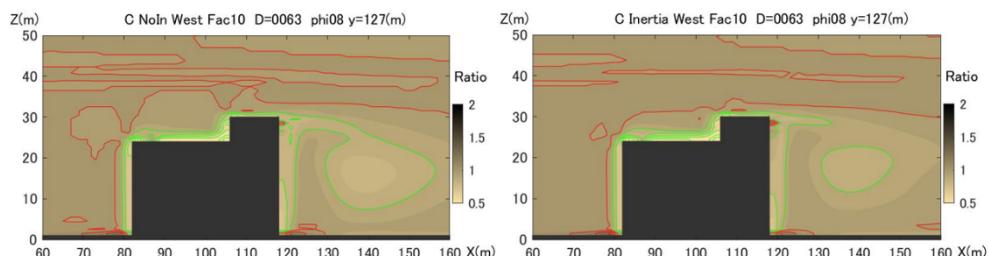


図 25 慣性力考慮の有無の比較。塔屋中心における浮遊火山灰の無次元濃度の東西一鉛直断面、慣性力無し（左）、慣性力あり（右）。西風 5m/s、粒径 $62.5 \mu\text{m}$

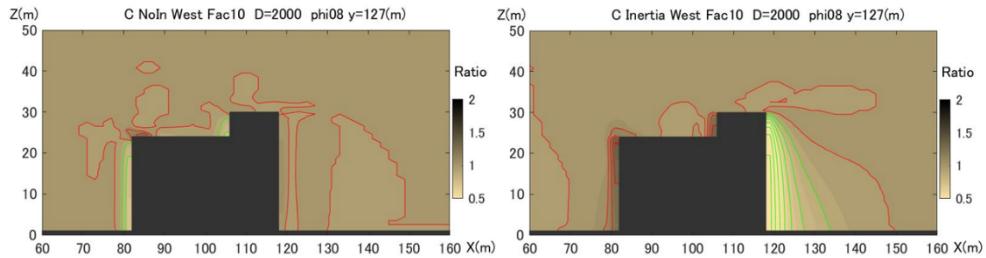


図 (続き) 粒径 $2000 \mu \text{m}$

風速の違いによる降灰状況の違いについて示す。風速は、流入気流で地上高度 10m での風速が 2.5m/s 、 5.0m/s および 7.5m/s の 3 段階、粒径は $125 \mu \text{m}$ 、 $2000 \mu \text{m}$ である。西風について示す。

図は火山灰無次元濃度である。風速が大きくなるにつれ、建物風下側の後流域の低濃度の領域が風下向きに広がっている。風上側では、風速の増加による建物や塔屋風上側の火山灰濃度の増加が認められる。

図は屋根および地面の降灰深分布である。屋根上では、いずれの粒径でも、火山灰堆積の範囲が風速の増加に伴って全体として風下側にずれる傾向が見られる。また、建物風下側の地面では、降灰が相対的に少ない範囲が風速の増加とともに風下側に拡大している。図示しないが粒径 $2000 \mu \text{m}$ では、風速の増加による風上側の建物近くの地面や塔屋前面の屋上での降灰深の増加が見られる。

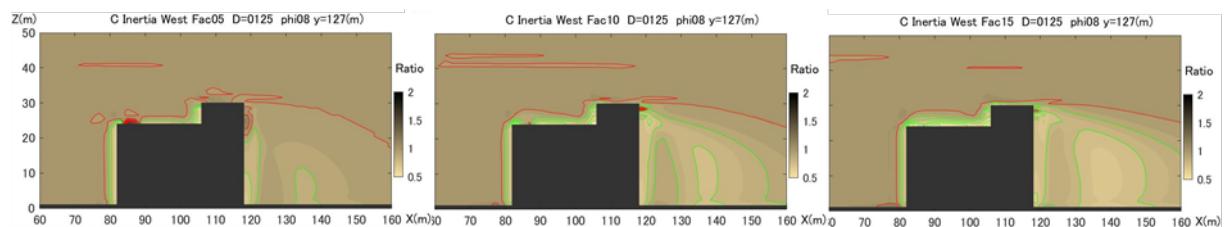


図 26 風速による浮遊火山灰の無次元濃度の分布の違い。塔屋中心を通る東西一鉛直断面内の分布を示す。風は西風で風速は 2.5m/s (左), 5.0m/s (中), 7.5m/s (右)。粒径は $125 \mu \text{m}$ 。

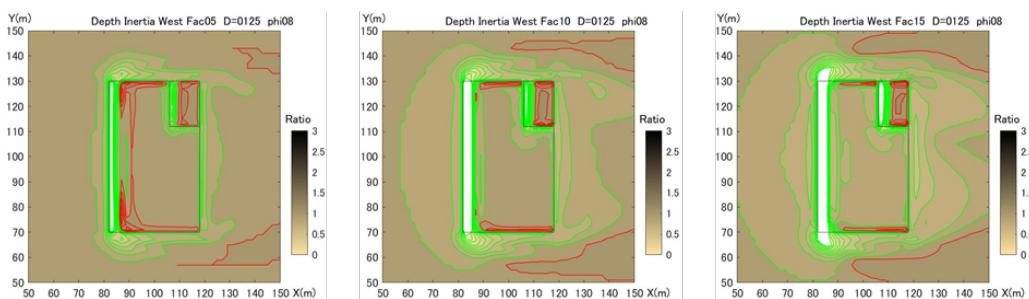


図 27 風速による屋根および地面の無次元降灰深の分布の違い。風は西風で風速は 2.5m/s (左), 5.0m/s (中), 7.5m/s (右)。粒径は $125 \mu \text{m}$ 。

iii) まとめ

本研究では、冷却塔への火山灰吸引量、および降灰に対する建物影響について、数値計算の方法を用いて検討した。特に、粒子の運動の慣性力の影響に着目した。

冷却塔については、過年度に行った降灰実験から求められた機器の動作に影響を与える降灰深の再評価を行った。その結果、降灰中の火山灰粒子の慣性力の影響により、粒径への依存性があるものの実験に基づいて得られた降灰深は、やや過小に評価された可能性があることが示された。さらに、簡易的なフードによる火山灰侵入量の抑制効果の有無や程度について調べた。その結果、簡易的なものであってもフード状の覆いは空調機器への火山灰侵入に一定の効果があることが示された。

浮遊火山灰の空間濃度分布に対する建物影響について調べた。さらに災害復旧に関係する地表や屋上への積灰も対象に含めた。建物は単純形状の単体建物とした。風向、風速、粒径によって具体的な詳細に関する違いはあるものの、空間濃度、降灰深とともに建物の場所により、水平一様な降灰条件に比べて、0~1.4、1.5程度の変動があることが示された。

b) 降灰荷重による建物屋根への検討

長期に生じる力（常時（自重など））及び短期に生じる力（積雪時、暴風時、地震時）に対して建築基準法に従って構造設計を行った鉄骨造地上1階建ての倉庫を対象に、降灰時の安全性確認を行う。ここで、積雪荷重は垂直積雪深30cmの地域（関東などの非多雪地域）を対象とする。既往の検討では積雪荷重を降灰荷重に置き換えて単純に安全性を評価していたが、実際の建物は、風、地震、雪の荷重の組み合わせや応力のみならず変形によっても安全性が確認されているため、単純に雪荷重を灰荷重に置き換えただけの評価とは異なる可能性がある。検討ケースは、中柱無し（ケース1）と、短辺方向（Y方向）において大梁のたわみを低減させるため中柱を設置した中柱有り（ケース2）の2ケースとする（表）。各ケースについて、屋根伏図を図、3Dパース図を図、降灰荷重に対する検討対象の軸組図（Y方向）を図に示す。ケース2において、印の部分が中柱となる。

表6 検討ケース

	中柱の有無	大梁のスパン長さ(m)
ケース1	中柱無し	30.0
ケース2	中柱有り	15.0

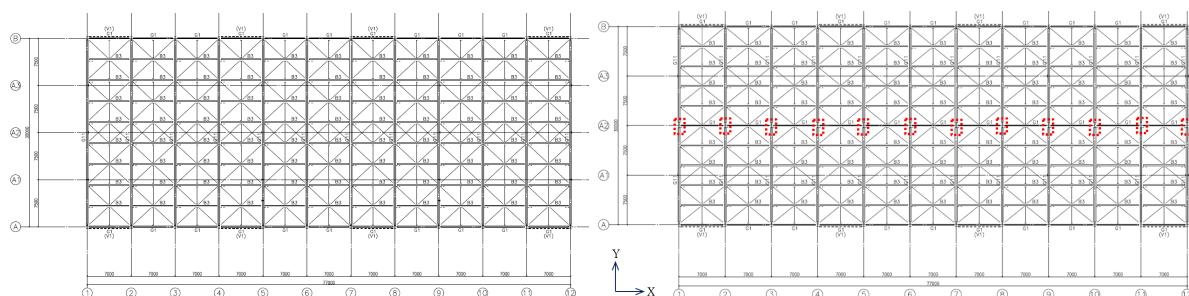


図 28 屋根伏図 (左 : ケース 1、右 : ケース 2)

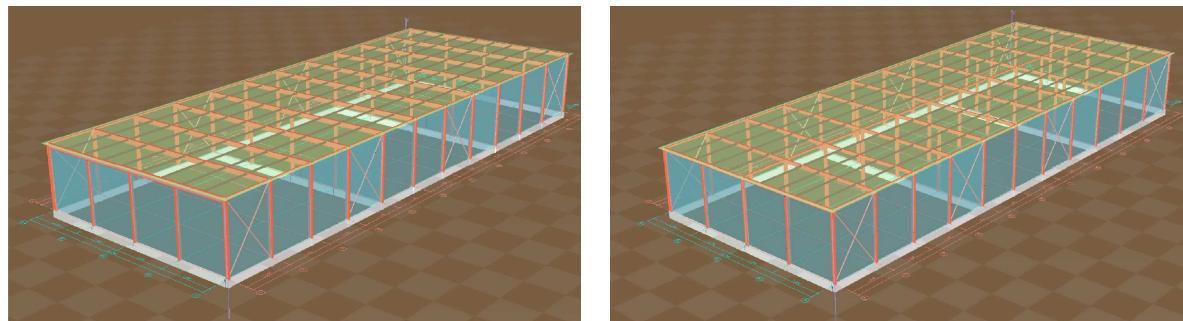


図 29 3D パース図 (左 : ケース 1、右 : ケース 2)

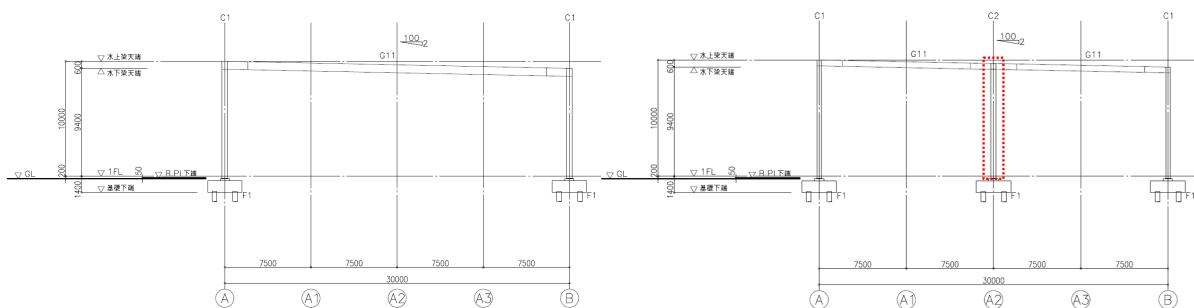


図 30 降灰荷重に対する検討対象の軸組図 (Y 方向) (左 : ケース 1、右 : ケース 2)

降灰荷重が部材（小梁、大梁、柱）に作用したとき、応力度とたわみの両方の規定値を満足するように限界降灰深を評価すると、ケース1が図、ケース2が図となる。ここで、火山灰は乾燥状態と湿潤状態とし、フレームの限界降灰深は大梁と柱の限界降灰深の最小値で定義する。

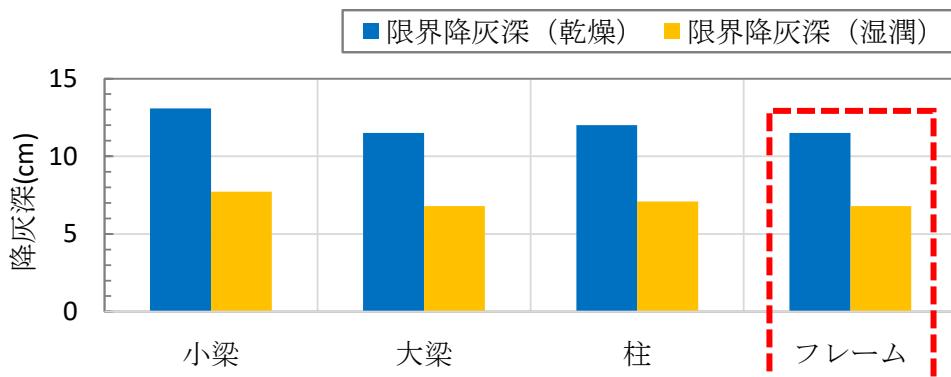


図 31 限界降灰深 (ケース 1)

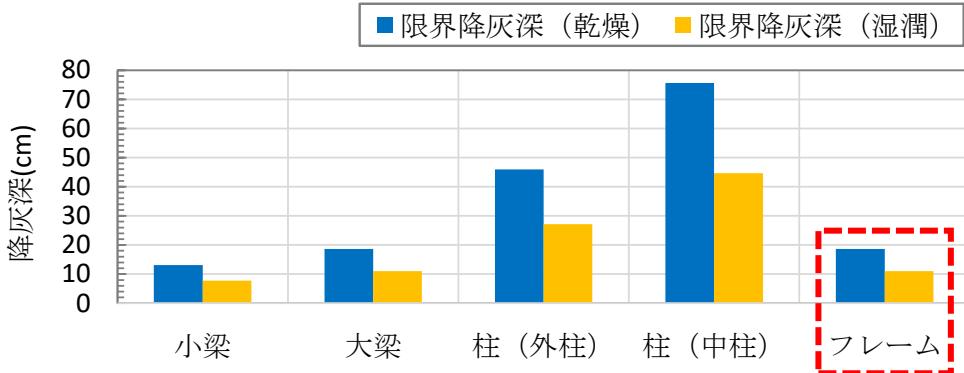


図 32 限界降灰深 (ケース 2)

フレームの限界降灰深は、火山灰が乾燥状態と湿潤状態について表となる。ケース 2 の限界降灰深は、ケース 1 と比較して約 1.6 倍大きくなる。従って、降灰荷重による大梁のたわみは、中柱を設置することにより効果的に低減できる。

表 7 フレームの限界降灰深 (cm)

	中柱の有無	火山灰	
		乾燥状態	湿潤状態
ケース 1	中柱なし	11.5	6.8
ケース 2	中柱有り	18.6	11.0

つぎに、倉庫屋根の鉛直荷重を用いて屋根の被害確率関数を評価する^{9, 10, 11)}。積雪荷重を計算するときの垂直積雪量を 30、35、40、45(cm) に変化させると、鉛直荷重と限界降灰深の平均値の関係は、火山灰が乾燥状態と湿潤状態について図 18 となる。

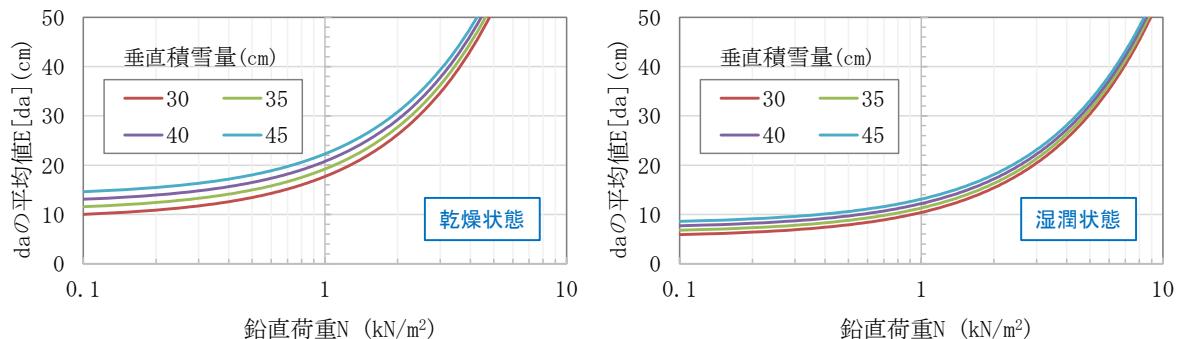


図 18 鉛直荷重と限界降灰深の平均値の関係

火山灰が湿潤状態のとき、各ケースの倉庫屋根の鉛直荷重を用いて被害確率関数を評価すると、図 19 となる。図中には、表のフレームの限界降灰深に対する被害確率を表示している。ケース 1 においてフレームの限界降灰深に対する被害確率は約 0.4 となるが、ケース 2 において被害確率は約 0.92 となり被害確率を安全側に評価している。

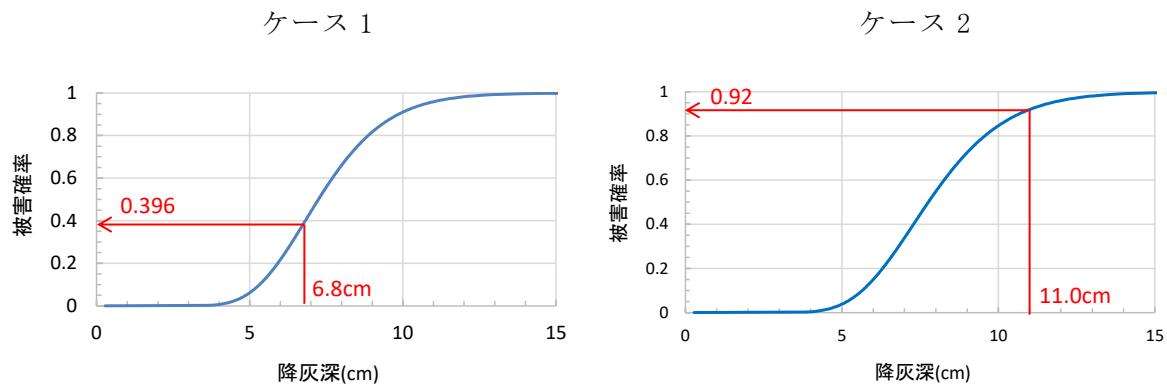


図 19 フレームの限界降灰深に対する被害確率

鉛直荷重を用いた建物屋根の被害確率関数は、大梁の限界降灰深がたわみ規定値で決定されるとき（ケース1）は限界降灰深を概ね平均的に評価するが、大梁の限界降灰深が応力度規定値で決定されるとき（ケース2）は限界降灰深を過少（安全側）に評価することを示した。従って、降灰荷重による部材及びフレームの限界降灰深を評価するときは、短期許容応力度の規定値のみならずたわみの規定値の設定が重要になる。たわみの規定値は部材のスパン長さで決定されるため、今後は部材のスパン長さを考慮した限界降灰深の評価法を検討する必要がある。

c) 病院の機能被害

病院の機能被害についての文献調査を行った。病院の代表的な3機能である診療、生活、供給を維持する要素は多岐にわたり、その要素のいずれかが停止すると機能損失に結びつくことが多いことがわかった。次年度以降も検討を継続していく予定である。

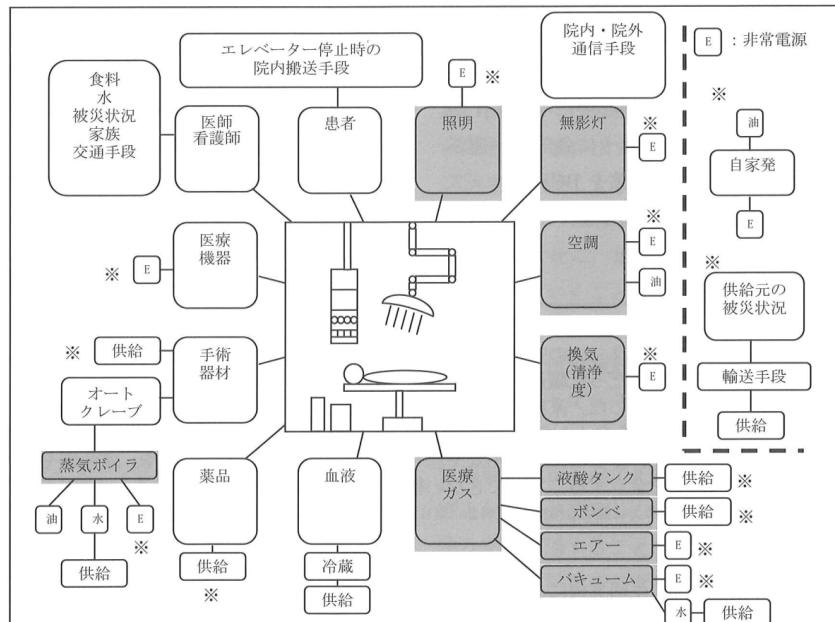


図 20 手術機能維持のためのサプライチェーン¹²⁾

d) 離散的降灰データの平面的分布図化

i) 手法と目的

本研究では、噴火調査によって得られる多点の降灰データ（離散型データ）から、等層厚線図を自動的に描き、任意の点における降灰ハザードを評価するシステムを開発することが目的である。

噴火による降灰の等層厚線図は、同じデータ（位置情報と降灰量）を使っても、作画する人のセンスによって異なり、分布の様相やそれによって算出される総噴出量にも違いが生じることがある。そのため、個人の主観によらず等層厚線図を客観的に描画することができそれを共有することができれば、より客観的で迅速性のある防災情報となる。また、過去のある一定期間におきた噴火による降灰の等層厚線図を重ねて得られる積算値や頻度から機械的処理によって、任意の地点における降灰ハザード曲線を作ることが可能となる。

ここでは Yang and Bursik (2016)¹³⁾ の方法を用い、伊豆大島火山における過去 1500 年間の噴火の降灰データ（小山・早川, 1996）¹⁴⁾ からパソコン上で等層厚線図を自動的に描画する作業開発を行った。そこでは、電力中央研究所が収集・整理した伊豆大島過去噴火の降灰分布図地点データを用いた。Yang and Bursik の方法では、トレンドモデルとそれからのズレをクリッギングで補正し精度を上げる方法が用いられる。この手法による精度を評価するために、すでに等層厚線図が描かれている御嶽山 2014 年噴火について、御嶽山降灰合同調査班 (2014)¹⁵⁾ が収集したデータを用いて、本研究による結果と既存の等層厚（重量）線図との比較、及び、そこから算出される総噴出量を比較した。

使用したプログラムは Yang et al. (2018)¹⁶⁾ を研究協力者の上澤真平氏が改良したもの用いた。

ii) 御嶽山 2014 年噴火のデータでの確認作業

Yang and Bursik のモデルは機械学習による重回帰モデルであり、火口からの距離と火山灰厚の関係から導き出されるトレンドモデルに、観測点間と層厚差の関係を回帰的に求め、任意のグリッドに対してズレの補正（すなわちクリッギング）を行うものである。

火口位置と風向

火口位置と風向は、観測点の位置情報と火山灰厚のデータから Yang et al. (2018) のプログラムによって求められる。火口位置が既知の場合はそれを用いる。図 24 には、データから求められた火口位置と風向（降灰分布の主軸）であるが、トレンドモデルで使用するモデルが「べき乗則」か「指數関数」かによってやや異なる解が得られる（下のトレンドモデルの項を参照）。

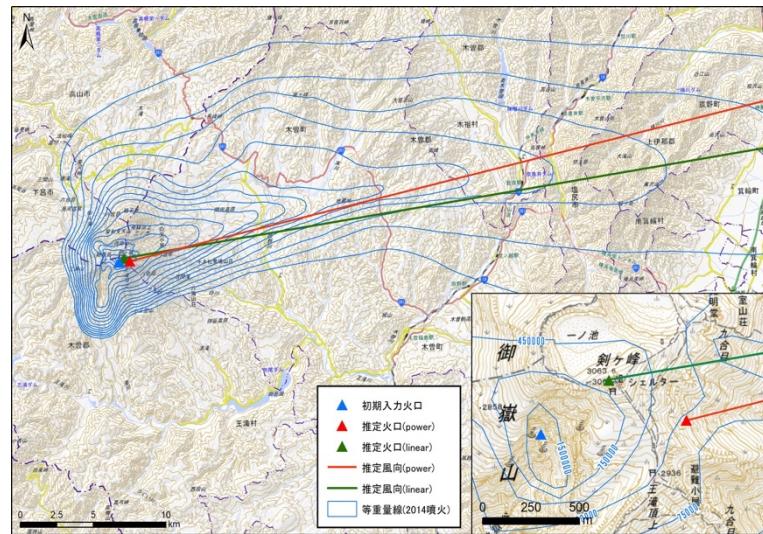


図 24 計算で得られる推定火口位置および主軸（風下風向）。データから火口位置と風向推定を行えるが、火口位置が既知の場合にはそれを用いる。薄青色は御嶽山合同調査班（2014）¹⁵⁾の等重量線図を示す。

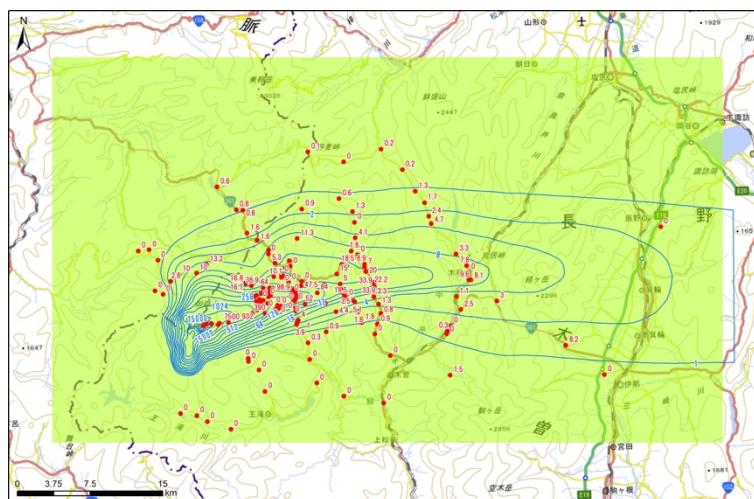


図 25 本研究で用いた御嶽山 2014 年噴火のラスター作成範囲

作成範囲とセルサイズの設定

観測値 0 を含む観測点全体を網羅する範囲として設定した作業範囲を図 25 に示す。セルサイズを小さくすると分解能が良くなる。セルサイズによる結果の違いを確認するため、100m、200m、500m、1000m と設定して設定による誤差を確認し、ここでは、セルサイズを 100m とした（図 25）。

トレンドモデル

層厚（対数）と火口-観測点間の直線距離、及び、火口-風下距離（観測点から風軸に対して垂線をたらし、その交点と火口の距離）の関係（図26）を、複数の指數関数かべき乗則で回帰し、およびその屈曲点位置（距離）をそれぞれ segdist & segdd として設定する。御嶽山の場合はそれぞれ 7000 と 6000 になる。

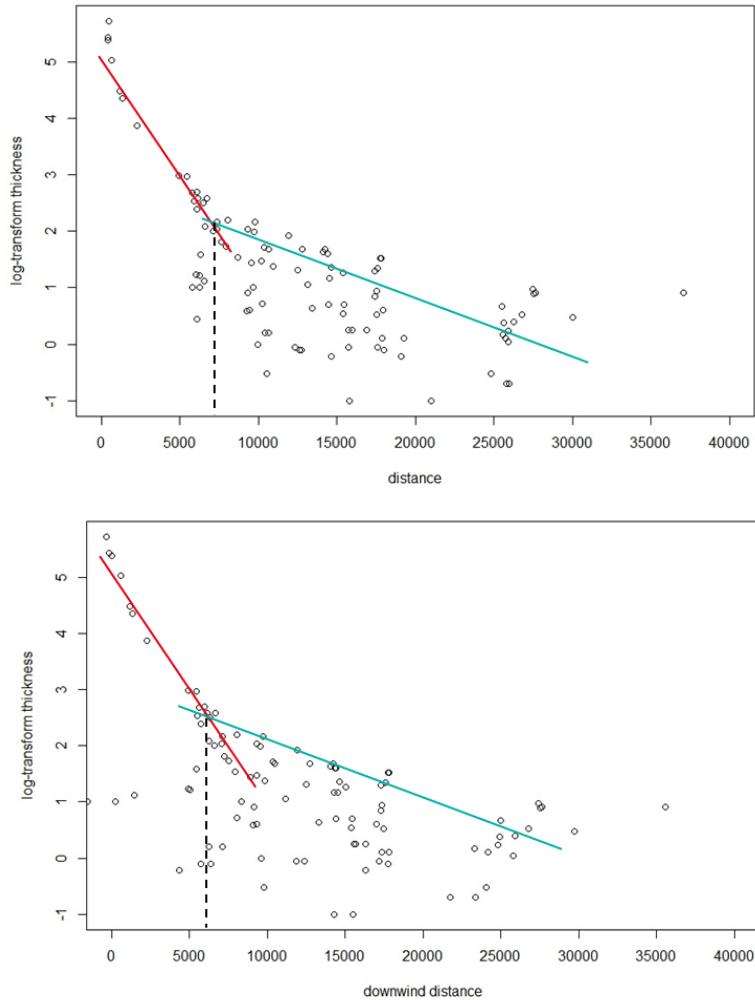


図 26 御嶽山 2014 年噴火の対数層厚（縦軸）と火口からの距離（横軸）の関係。直線距離（上図）、風下変換距離（下図）。屈曲点(segdist と segdd)はそれぞれ 7,000 と 6,000。

クリッギングの設定

クリッギングに先立ってバリオグラム変数 `width.val` と `cutoff.val` を定める必要がある。`width.val` は観測点間どうしの距離とそれらの観測値の差を示した分散集合体（バリオグラム）を、一定の距離間隔で平均化するもので、その最小間隔（距離）が `width.val` で、一般的には出力セルサイズの半分に設定する。バリオグラムの全体幅が `cutoff.val` であり、ほぼ全観測データを網羅できる値に設定する。ここでは `width.val` と `cutoff.val` をそれぞれ 50 と 40000 と設定した。さらに、バリオグラムにおける分散点を近似するモデル（`var.model`）を 20 近いモデルから採用する。モデルの違いによる差はあまり大きくないの で、ここでは `var.model` は「指数関数」とした（図27）。このようにして、トレンドモデルからのズレをクリッギングで補正する手続きができたことになる（図28）。

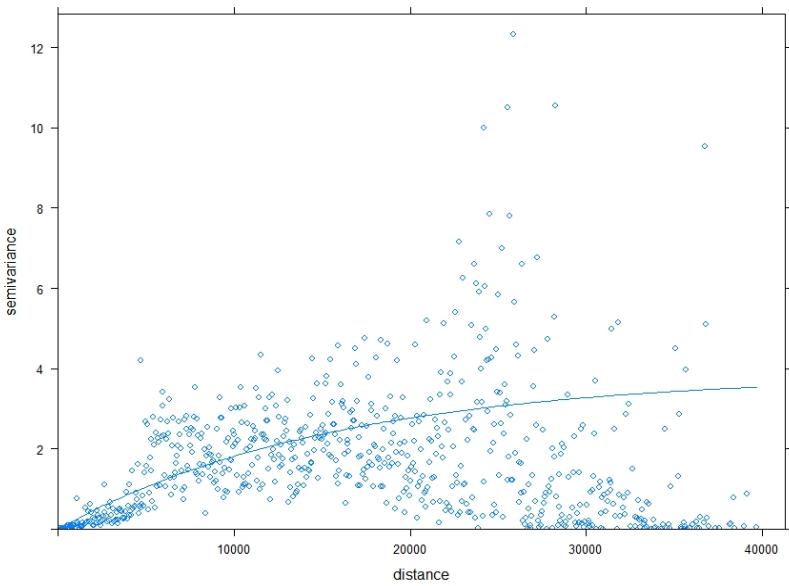


図 27 セミバリオグラムの出力結果。var. model は指数関数（青曲線）。

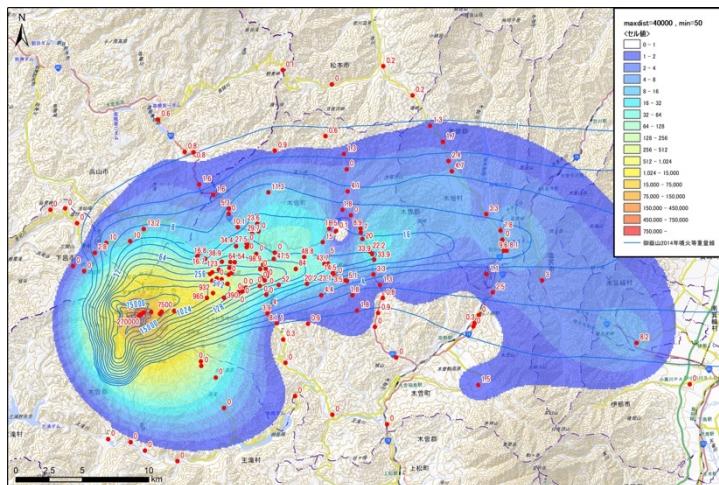


図 28 検索範囲と最小サンプリング数の設定による結果の比較。ここでは最大間隔 maxdist を 40,000m、最小間隔 min を 50 とした。

調整

本プログラムでは、観測値を対数変換して処理するため、降灰値ゼロの地点を反映できない。また、現地の観測データの中には、地質調査者の経験などの違いによって、全体としては不調和なデータも含まれている場合がある。これらの課題を解決するため、①周囲の観測点と比較して明らかに不自然なデータは削除して対応した。②また、対数によって層厚は表現され計算されるため、下限に設定する等重量線の外側にある観測点（場合によっては仮想点）の値を0.001とした（図29）。調整後の結果を図30に示す。

図 30 の結果を御嶽山降灰合同調査班（2014）¹⁵⁾による等重量線図と比較すると、火口から観測点が多い部分まではほぼ再現できるが、東端に関しては観測点が不足している

ことからうまく再現できない。また、北側の分布に関しても再現性がやや劣っているが、合同調査班の報告においても観測値と等重量線が整合的でない。

ラスターデータのセルサイズと降灰厚のセル値の積によって噴出量を求めた。等層厚線図から計算される噴出量は、合同調査班によると約 38～145 万トンであるが、今回の自動か描画プログラムでは 60 万トンとなりそれなりに整合的であるといえる。

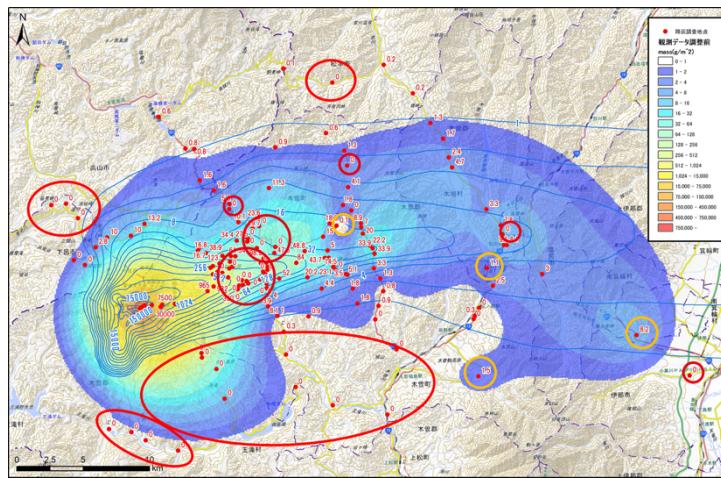


図 29 観測データ調整前の結果と不自然なデータ（赤丸）の分布状況。周囲に比べて明らかに異常な観測点や群が存在する。これらを削除して得られた結果が図 30。

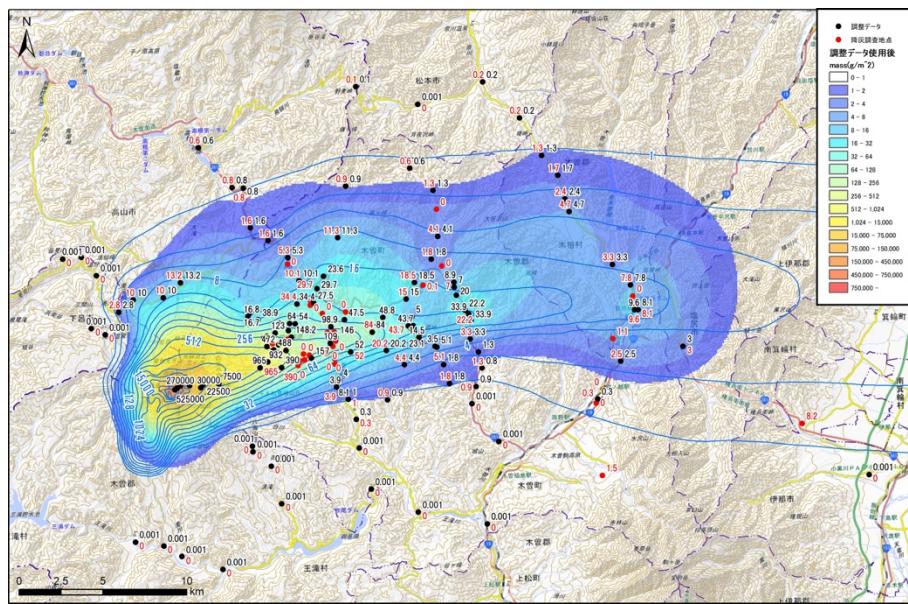


図 30 調整後に計算された御嶽山 2014 年噴火の等重量線図

iii) 伊豆大島火山への適応

観測点データ (CSV 形式) と Yang et al. (2018)¹⁷⁾ の SLV 法を用いて推定した火口位置、風下方向（主軸）角度を用い、Yang and Bursik¹⁴⁾の手法で伊豆大島の過去 1500 年間に起きた 24 噴火の等層厚線図の作成を行った。各種パラメータを火山学的に調整した。す

なわち、観測データ数や偏りによって調整をする必要があり、以下のフロー(図 31)に従つて調整を行なった。すべての調整において、セミバリオグラムモデル (var.model) を exponential と circular の内、誤差の少ない方を採用。SVL で主軸がうまく推定できなかった場合は、主軸を手動で付与して推定する(調整 1)。さらに分布の形に問題がある場合には、セグメントを小さくすると推定が可能となるケースがあるので、segdist と segdd を 100 に設定して等層厚線図の推定を行なった(調整 2)。結果として調整 2 に関しては、調整 0 と同じ結果となつた。調整 1 で推定に問題があるケースについては、小山・早川(1996)の等層厚線図を参考に、センター上に矛盾のない観測点を付与して推定を行なつた(調整 3)。調整 3 は観測点が十分になつたために起こる現象であり、過去噴火について少ない観測点データを用いて自動化するまでの課題である。

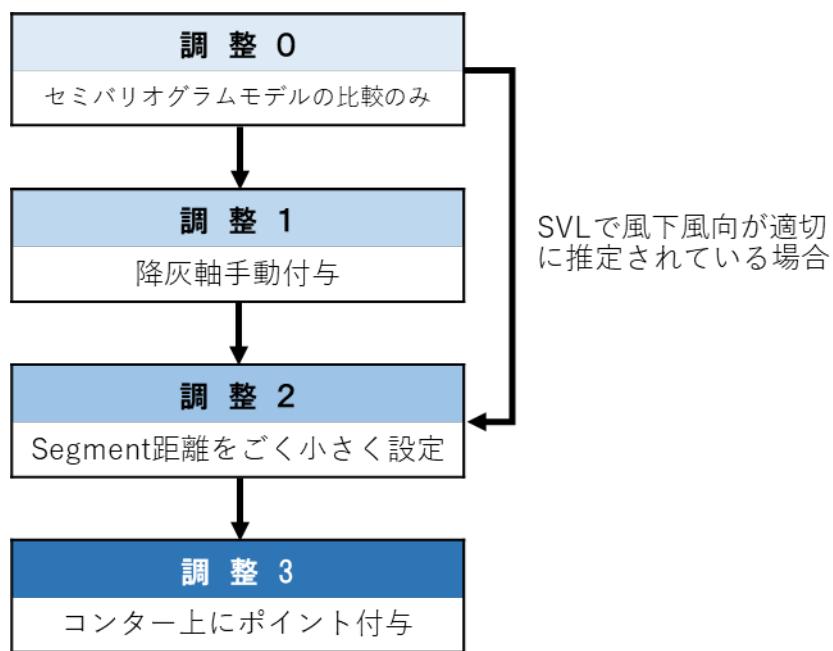


図 31 等層厚線図作成時の調整フロー

調整 0 で完了したものが 19 テフラ

調整 1 で完了したものが 9 テフラ

調整 3 で完了したものが 11 テフラ

以下に、調整 0、調整 1、調整 3 のテフラの例を図 32、33、34 に示す。

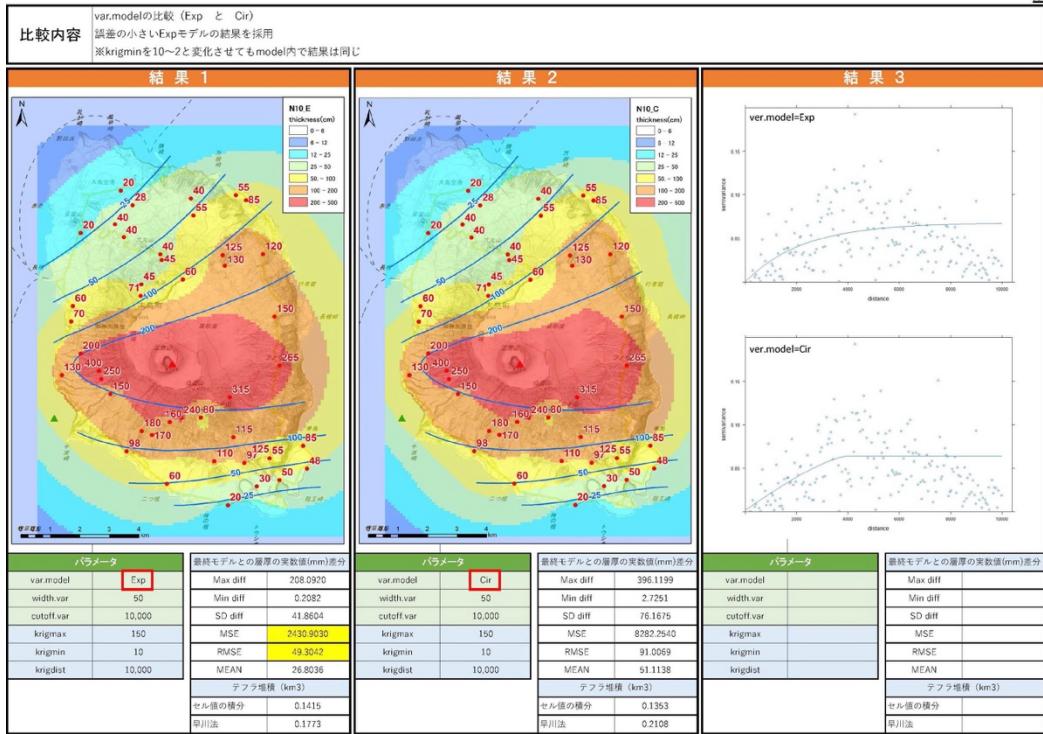


図 32 調整 0 の自動等層厚線図の例 (N1.0 テフラ)。結果 1、2 はそれぞれ Exponential と Circular のセミバリオグラフモデルを示す。バリオグラフは右側の上下図に相当。

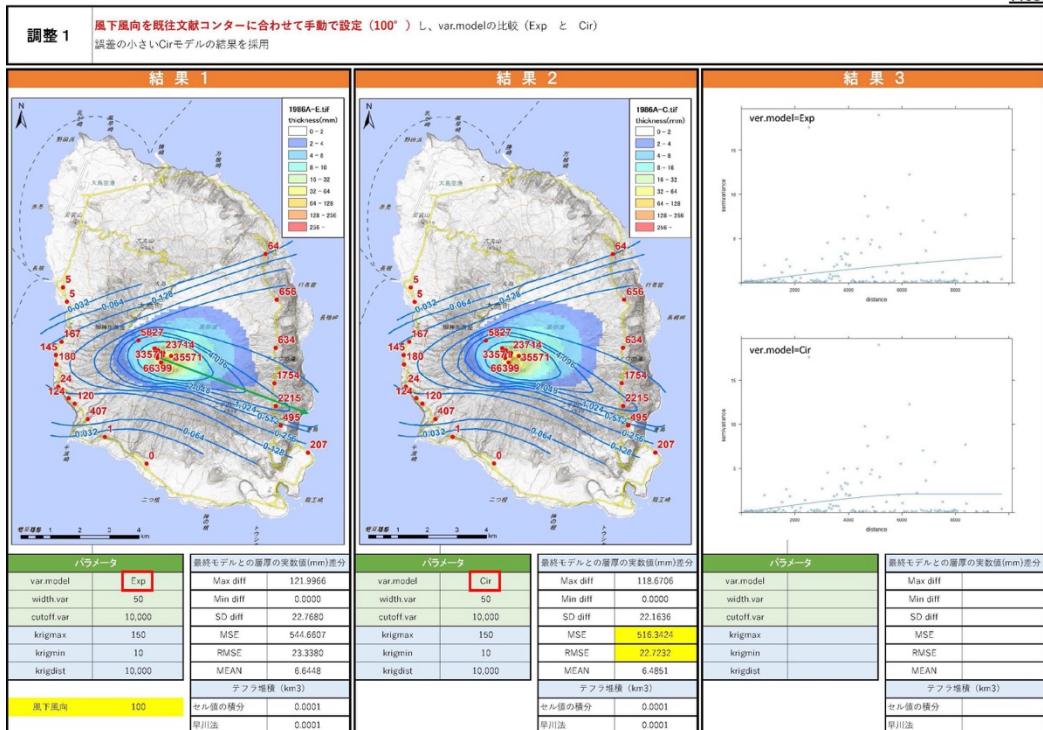


図 33 調整 1 の自動等層厚線図の例 (1986 テフラ A)。主軸を手動で付与。

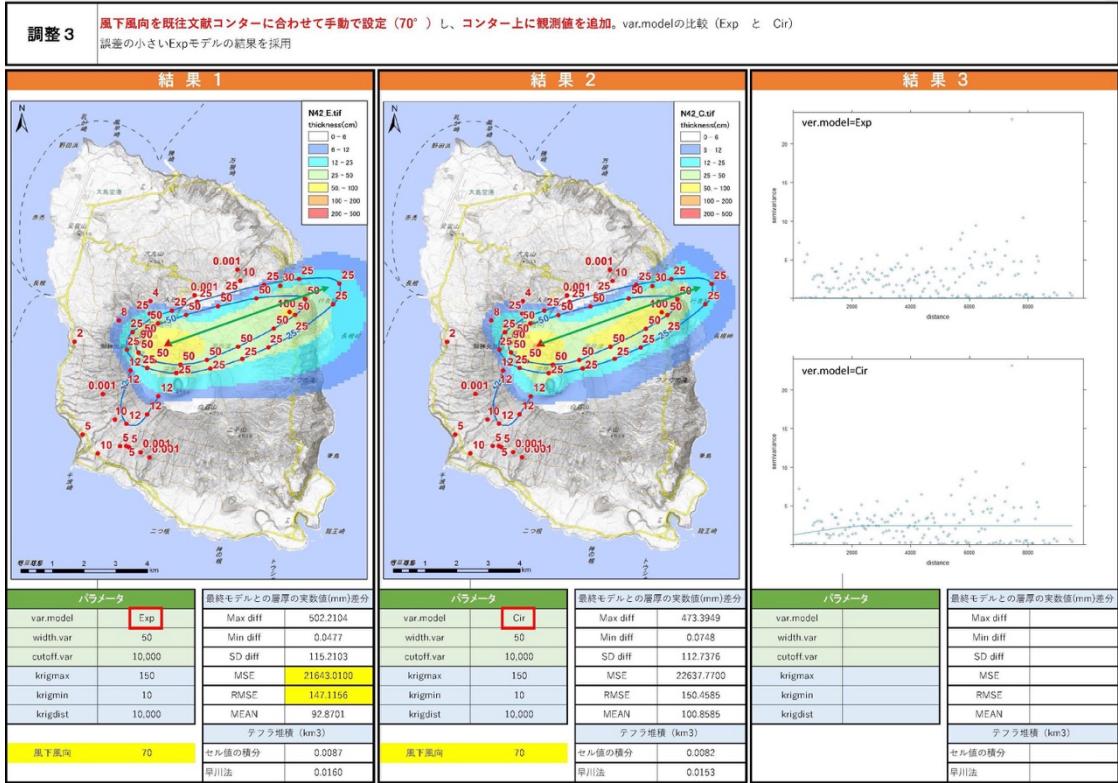


図 34 調整 3 の自動等層厚線図の例 (N4.2 テフラ)。小山・早川 (1986)¹⁴⁾ の等層厚線図を参考に主軸を与え、コンタ上にポイントを付与。

iv) 自動化等層厚線図からの体積見積もり

作成されたラスターデータを用いてテフラ毎の噴出量(体積)を算出した。ここではラスターデータのセルサイズと降灰厚のセル値の積の総和によって求めた。24噴火について算出された結果から噴出量階段図の作成し、小山・早川 (1996)¹⁴⁾ の噴出量と比較した(図 35)。なお、体積から質量の変換には、火山灰密度は 1,000kg/m³を用いた。

今回得られた 1500 年間の積算噴出量は 6.5×10^{11} kg であり、小山・早川 (1996) で報告されている積算値 2.2×10^{12} kg の 3 分の 1 以下となる。調整 0 である N1.0 テフラの重量が、本研究では 142×10^9 kg である(図 32)のに対し小山・早川では 698×10^9 kg と大きな違いを生んでいる。また、観測点数が多く、かつ調整 0 のテフラ(例えば、図 33)がほとんどである 1986 年噴火の噴出総量は本研究で 13.9×10^9 kg であるのに対して小山・早川は 8.3×10^9 kg である。これは、自動描画の重量の方が 1.6 倍と多いながらも、両者はそれなりに近い値である。小山・早川 (1996) は体積の見積もりには Hayakawa (1985)¹⁷⁾ を用いているが、本研究において、自動等層厚線図作成時のセル値の総和を体積としており、コンタが描けていない島外の海域部分の影響が大きな違いを生んだと考えられる。さらに、自動化等層厚線図による階段図では、小山・早川 (1996) が見出した N1.0 の噴火時から見られる噴出率の変化が明瞭でなくなる。総噴出量の違いや、後者に関しては、今回の等層厚線図作成法のデメリットとメリットを考慮して慎重に検討する必要がある。

以上のことを考えると、観測点の少なさ、特に火口近傍での観測点の有無が、自動化等層厚線図と地質学者が描く等層厚線図とに大きな違いを生じさせていると思われる。

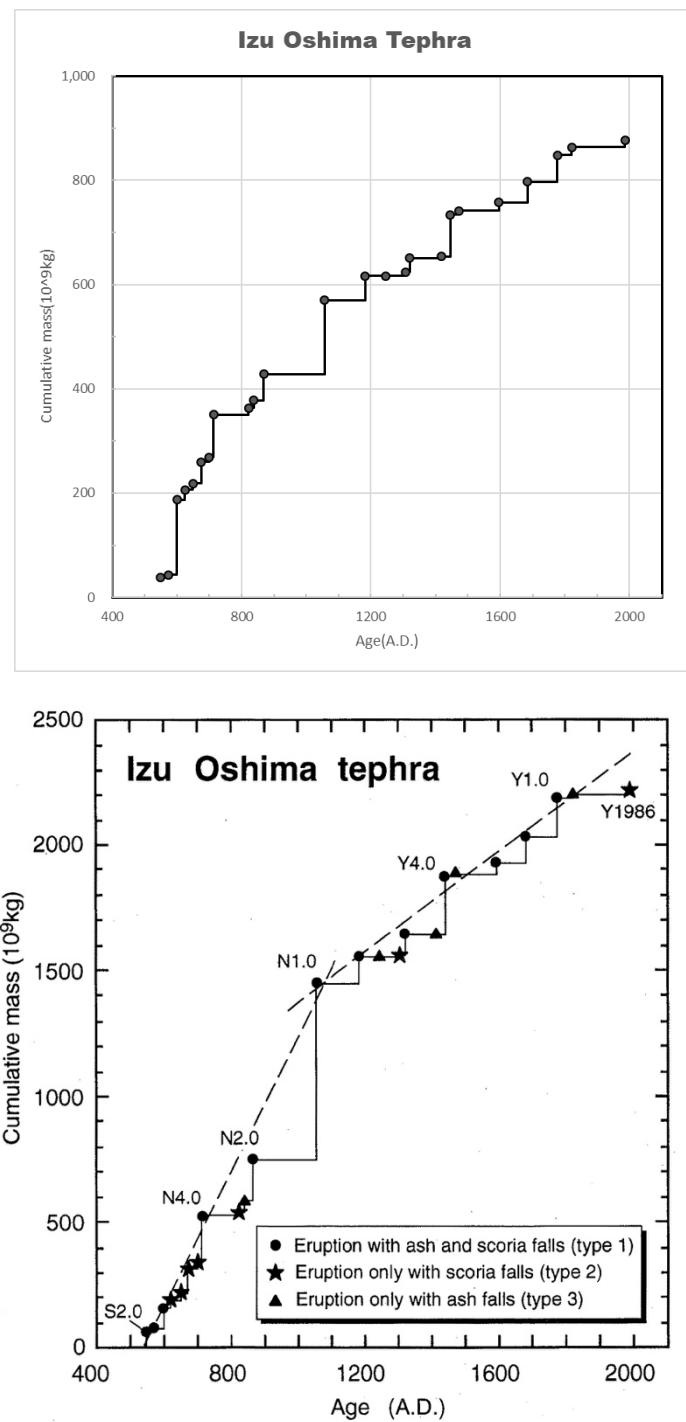


図 35 本研究の噴出量積算階段図（上）と小山・早川（1996）¹⁴⁾（下）との比較

v) 主要地点における降灰被害カーブ

自動化等層厚線図を用いて、伊豆大島の島内の主要な地点（図 36）における降灰被害アーブを作成した。作成に当たっては、上澤ほか（2019；2020）^{18, 19)}のツールを用い、取り扱う範囲を 100～1500 年間で 100 年切りの年超過確率（頻度）を算出するように修正して用いた。また、年超過頻度を算出するため、一連の噴火イベントは 1 つの年噴火として統合して用いた。例えば、1986 年噴火は 5 枚のテフラが、Y6.0（1183 年噴火）は 3 枚スコリアと 1 枚のテフラが識別されている。これらの複数テフラの存在する年噴火については、作業上、それらの噴火年の全テフラを重ね合わせて使用した。重ね合わせた等層厚線図の例を図 37 に示す。



図 36 降灰被害カーブを検討した伊豆大島の主要 13 地点の分布

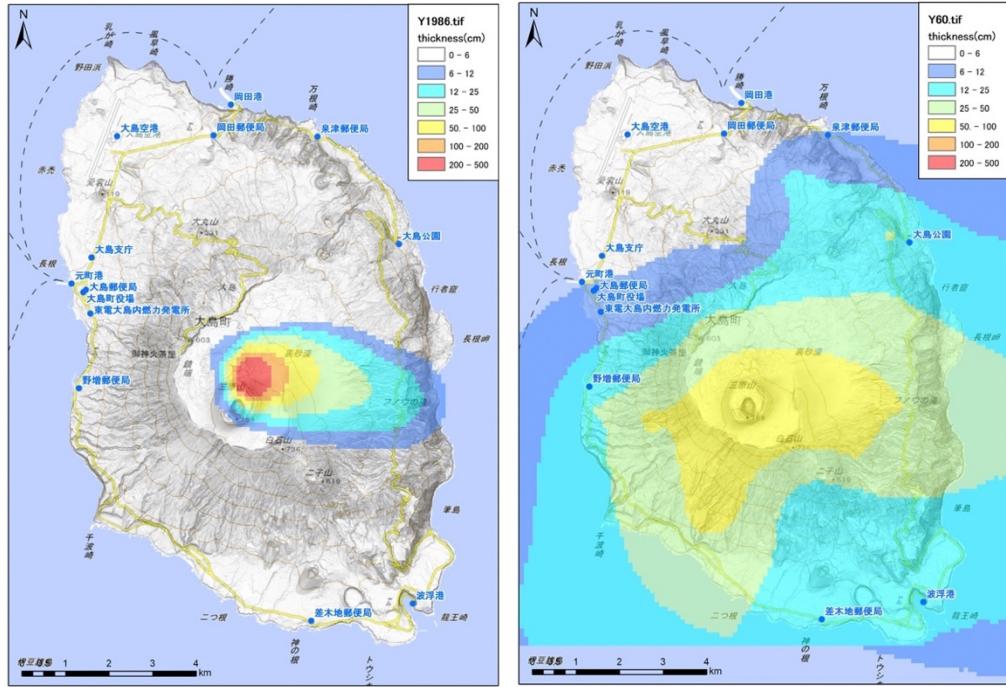


図 37 降灰被害カーブ作成のために複数の関連イベントを年毎に統合した等層厚線図の例。左は 1986 年噴火、右は Y6.0 噴火。

算出した年超過頻度をグラフ化し図 38 に示す。降灰リスクは島の中央から南部にかけて大きく、これらの地域は山頂火口に近く、特に、風下側の大島公園においては、検討した 13 地点中で最も高い。一方、島の北部にあたる岡田港、さらには、大島空港において降灰リスクが小さいことが読み取れる。

vi) 結論

離散的降灰データを用いて、その等層厚線の平面的分布図化の自動化を行った。自動化に当たっては、観測点の位置情報と火山灰厚（あるいは重量）のエクセルシートを入力データとして用意するだけであるが、プログラムを走らせるに当たっては、検索範囲やセルサイズの指定、トレンドモデルでの指數関数/べき乗則選択、クリッギング作業のための観測点間距離-観測値差分関係図（バリオグラム）における最小間隔やモデル選択などの手作業が必要となるため、入力データから完全に自動で結果が出せるまでには至っていないのが現状である。観測点が偏りなく、数が十分にあることが良い結果を得ることにつながる。また、等層厚線の内側により異常に小さい数値の観測点を外したり、降灰量が対数変換されるため、降灰限界付近では降灰量をゼロではないできるだけ小さな値をダミー的に入れる作業が必要となる。御嶽山の例（図 29）で見たように、異常点の削除はプログラムを走らせて出力結果を見ながら判断する作業がどうしても必要となる。

御嶽山 2014 年噴火の降灰データを用いて作成した等層厚線図は、御嶽山降灰合同調査班 (2014)¹⁵⁾ の結果と比較的近い結果が得られ、それから算出される噴出量も調和的なものであった。伊豆大島火山においては、過去 1500 年間の 24 噴火イベントの降灰データを用いて、等層厚線図を作成し小山・早川 (1996)¹⁴⁾ の結果と比較した。また、任意の地点

で降灰被害カーブが描けることを示した。これは今後の地域開発や避難計画策定において参考にできるものであろう。

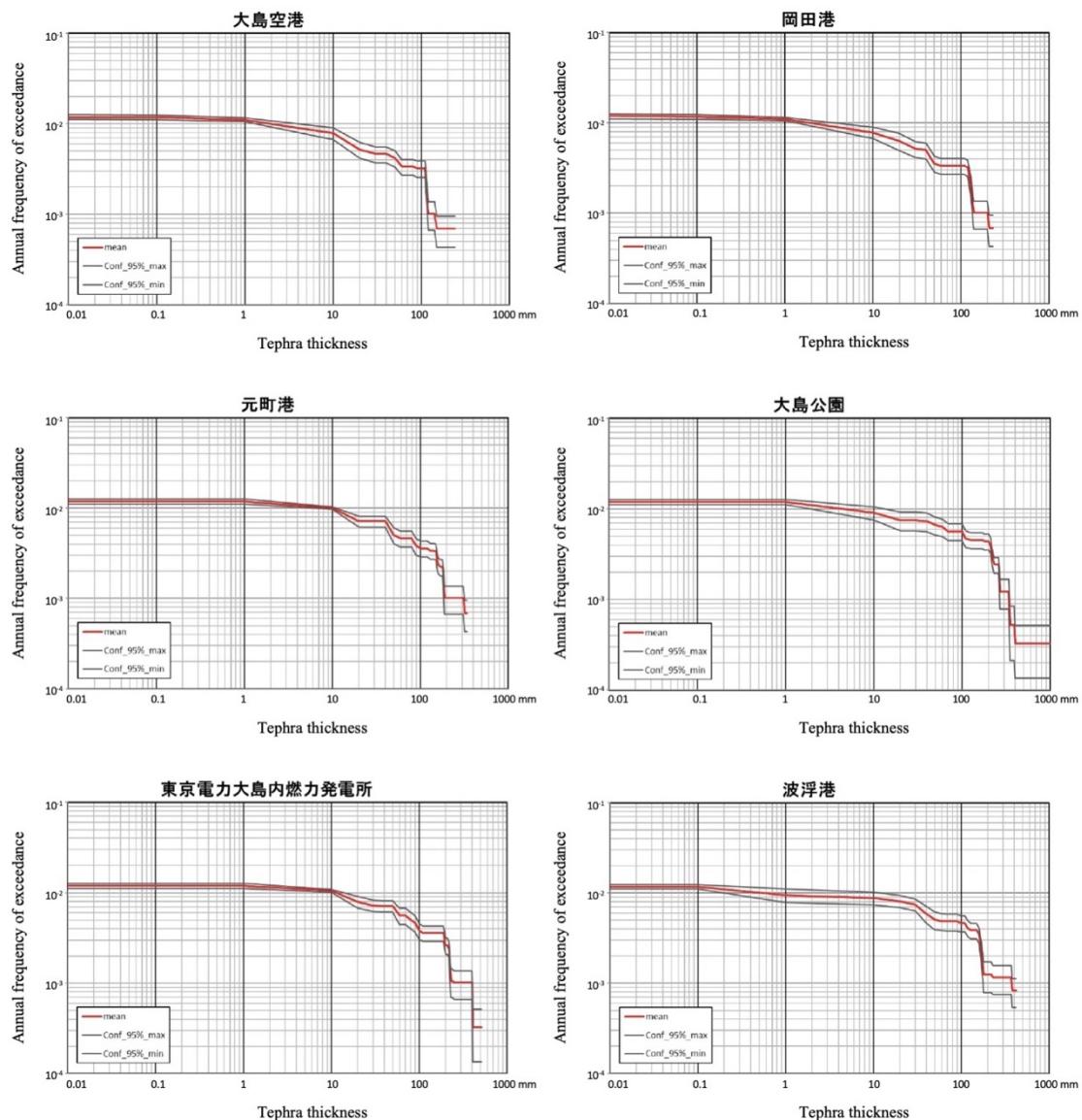


図 38 伊豆大島の主要 6 箇所（大島空港、岡田港、元町港、大島公園、東京電力大島発電所、波浮港）における火山灰の被害カーブ。縦軸は年超過確率、横軸は火山灰層厚を示す。

e) 火山灰上走行実験

降灰した状況での車両走行性能については、噴火後避難に関連して自治体防災担当者の関心が高い(1)参照)。また、降灰被害予測コンテンツでも道路の脆弱性評価などに関連して車両走行性能の情報は重要な意味を持つ。今回、山梨県が主催する「火山灰堆積時における車両走行等の体験事業」に参加し、火山灰堆積時の車両走行性能に関する情報を収集した。本事業は、堆積した火山灰の粒径や層厚が制動距離や走行に与える影響について検証するため、山梨県が国土交通省中部地方整備局富士砂防事務所の協力を得て、山梨県富士吉田市にある富士北麓公園に実際に実験コースを施工し、2021年10月22日～11月8日の日程で実験を実施したものである。実験期間中、地方公共団体、消防、警察、ライフライン関連会社など約70団体が各種車両を持ち込んで走行テストを実施した。実験に使用されたコースを写真3に示す。コースは平坦直線、傾斜、カーブの3コースで粒径や層厚を変えた合計19パターンの路面が用意された。傾斜コースの斜度については、過去のテストにおける設定勾配が10～12%と極端な急勾配であったことから、富士吉田市内の代表的な通り勾配である5%を設定した。火山灰は、粒径1mm以下の富士山の細粒火山灰、2mm程度の桜島の粗粒火山灰、5～10mmの富士山1707年噴火の宝永スコリアを用意した。平坦直線コースは、それぞれの粒径の火碎物を1cm、5cm、10cm厚で敷いたコースを設定し、細粒火山灰については、乾燥したコースの他に、湿潤状態のコースも設定した(写真2)。スコリアについては20～30cm厚のコースも設定した。傾斜コースは、細粒火山灰とスコリアの5cm、10cm厚の4パターン設定した。カーブコースは、R=30のカーブで平面と勾配2.5%下りカーブに1cm厚の細粒火山灰を敷き詰めたコースを設定した。車両は、車重や駆動方式の違いによる影響を見るために9車種を実験に使用した。また、駆動輪に金属チェーンないし樹脂チェーンをつけての試験も実施した。これらのコース上で制動試験、牽引試験、走破試験を実施した。

実験の結果、制動距離については、写真3に示すように時速30km/hで行った実験では通常のアスファルト路面に対して、制動距離が伸びることが確認された。次に走行性能としてカーブへの侵入速度が速いと滑ってしまった(写真4)。これは路面に火山灰が堆積したことによって路面の摩擦抵抗が下がったことに起因するためと考えられる。そのため、火山灰が堆積した路面の摩擦性能についても実験を実施した。実験は平坦コースで乾燥したスコリア1cm、中粒火山灰1cm、細粒火山灰1cm、細粒火山灰を数ミリの4コースで、ブレーキをかけた状態で車をけん引して動き出すときのけん引力を計測して摩擦係数を計測した(写真5)。計測した摩擦係数について、火山灰上では0.41～0.66程度になり、舗装路のドライ路面において0.8前後、ウェット路面で0.6～0.4であることから、火山灰上ではタイヤの摩擦係数が下がりウェット路面に近い状態になるため、カーブでのコースアウトや制動距離が伸びる結果となったと考えられる。なお、この牽引による摩擦係数を計測する実験については、実験時間が十分に確保できなかったため、軽自動車とコンパクトカーの2種類、4コースのみでの実験となっている。

走破性については、スコリア30cmのシビアな条件のコースをFF車やFR車、4WD車で走行して検証を行った。その結果、FF車やFR車ではコースを走破することができず、途

中でスタックすることが分かった。また、写真6は軽自動車のRR車であるが、4WDの切り替えスイッチがあり、4WD機構を有効にすると脱出することができた。

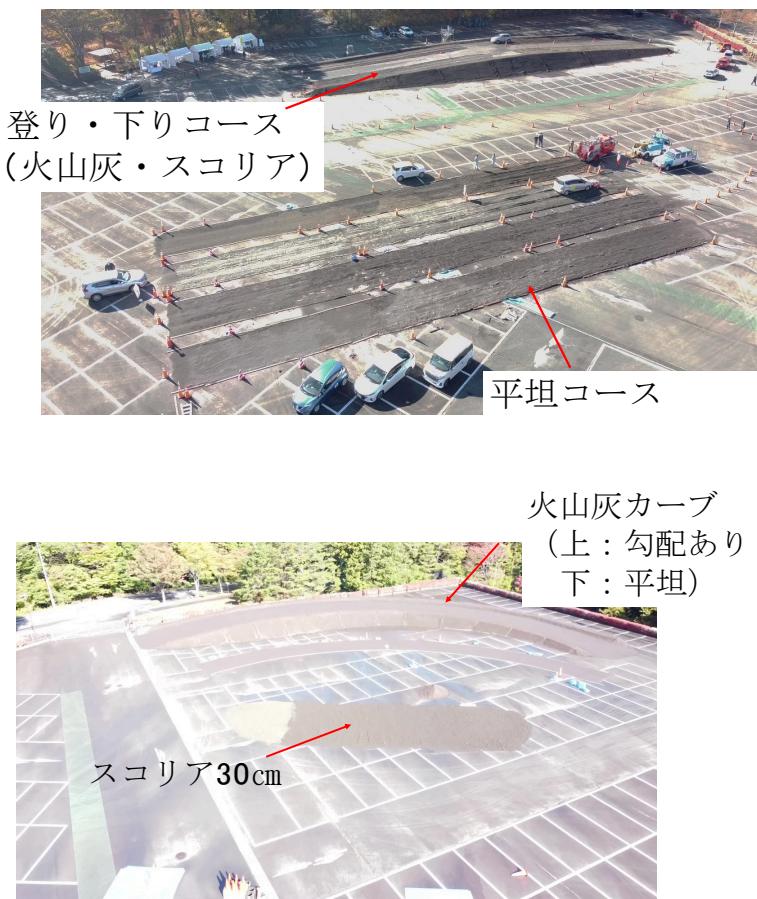


写真2 敷設した火山灰走行実験のコースについて



写真3 制動実験の様子



写真4 カーブコースでの侵入速度の違いについて



写真5 牽引試験の様子



写真6 スコリア 30 cmコースでの様子

3) 避難・救助支援コンテンツ試作版の高度化

a) 登山者データ可視化ツールの改修

i) 改修の主なポイント (図 39~41)。

- 前年度までに、富士山 (2017~2019 年)、御嶽山 (2019 年)、那須岳 (2020 年) で実施した登山者動向把握実験で得られた登山者データの表示が可能になった。
- ツール上で他の地図情報 (山小屋等、ハザードマップによるハザード情報) と併せてレイヤー表示が可能になった。
- レイヤー表示されるハザードデータの透過度を任意で調整することが可能になった。
- 登山者データの内、「出発者数」と「未着者数」を地図上に表示されるようになった。
- 移動中の登山者のデータについて、移動方向を示す矢印と数字で表示されるようになった。
- ハザードマップによるハザード情報と登山者データを空間解析することで、ハザード範囲内の登山者数を集計することが可能になった。
- 空間解析の結果 (登山者数の集計結果) を図表で表示し CSV 形式で出力ができるようになった。

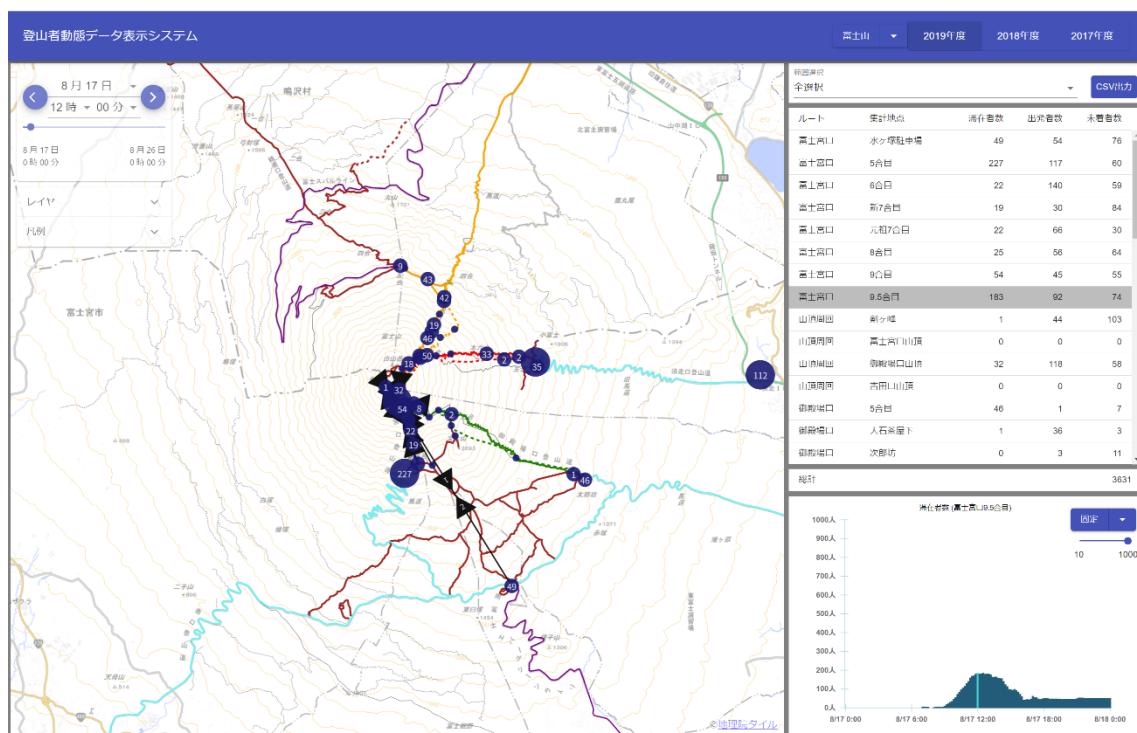


図 39 可視化ツールによって、2019 年に富士山で取得された登山者データの一部を表示したもの。

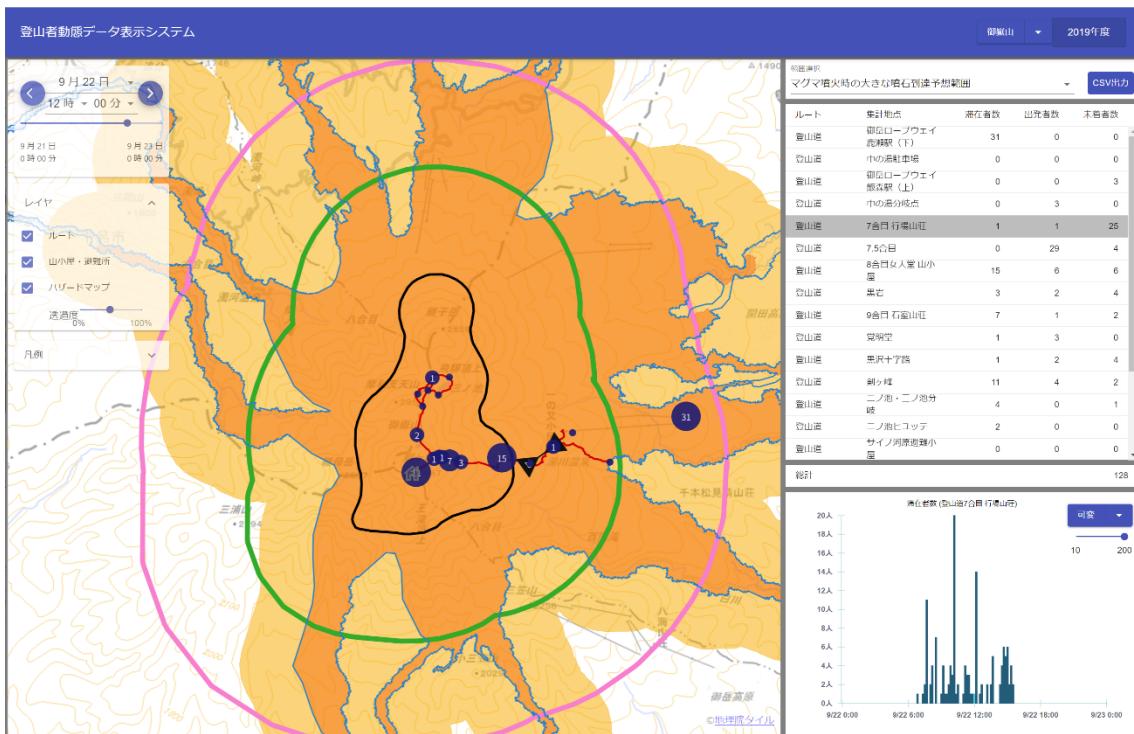


図 40 可視化ツールによって、2019 年に御嶽山で取得された登山者データの一部を表示したもの。ハザードマップによるハザード情報もレイヤー表示し、登山者データとの空間解析（ハザード範囲に何人の登山者がいるかの簡易的な曝露評価）が可能となった。

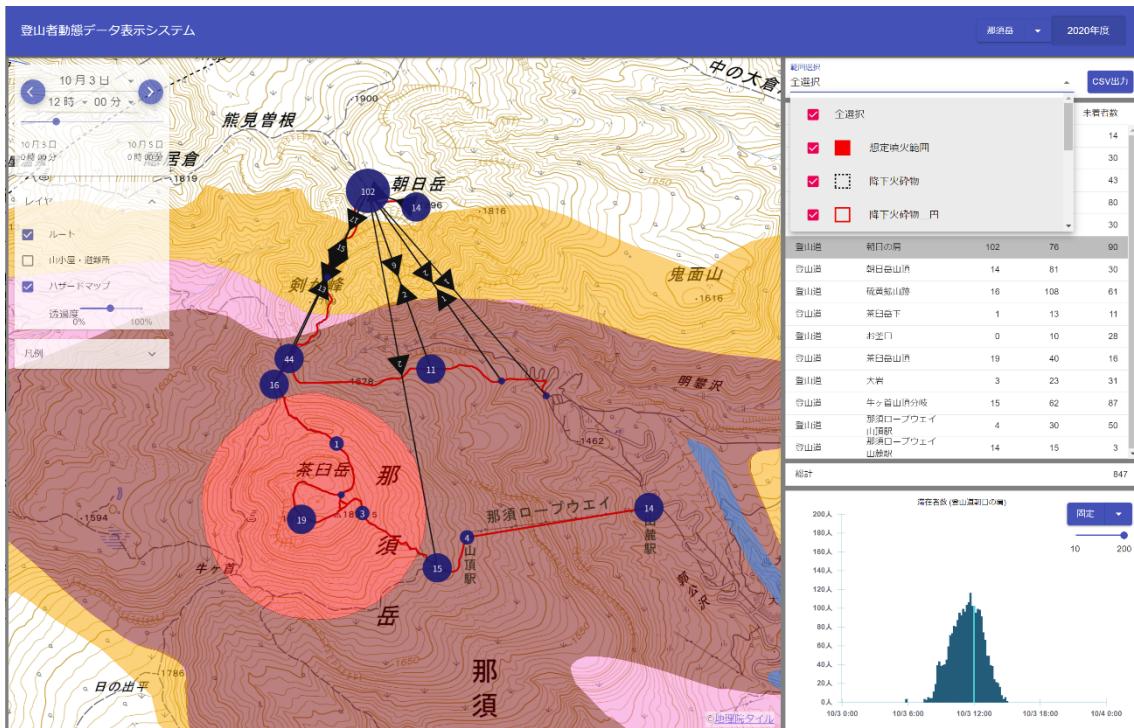


図 41 可視化ツールによって、2020 年に那須岳で取得された登山者データの一部を表示したもの。ハザードマップによるハザード情報もレイヤー表示し、登山者データとの空間解析（ハザード範囲に何人の登山者がいるかの簡易的な曝露評価）が可能となった。

ii) 本ツールを利用した登山者データの防災利用

この、改修版の可視化ツールを使い、那須岳周辺自治体（那須岳火山防災協議会コアグループ会議）及び長野県と、これまで取得してきた登山者データの分析結果について共有をした（ただし、コロナ禍の影響もあって富士山に関しては共有調整がつかなかった）。またこの分析結果に基づいて検討を行い、各自治体に対して登山者データの防災利用に関する提案を行った。とりわけ那須岳火山防災協議会に対しては、那須岳で取得された登山者データの分析結果を訓練シナリオに盛り込んだ、防災訓練を実施した（写真7）。



写真7 2021年度に那須岳火山防災協議会コアグループ会議を対象として実施された防災訓練の様子。

本取組み（提案、訓練）を通して、噴火時に避難が必要となる登山者数の規模感を把握することができ、避難計画の改訂に向けて以下のような検討を行う際の参考とすることができた。

- ・登山者の避難輸送・救助・捜索活動に必要となるマンパワーや優先箇所の検討
- ・ヘルメットの配備箇所と数の検討

- ・「地点別避難ルート」「緊急下山ルート」の検討
- ・登山者のための避難所に関する検討
- ・登山者の確認・救護活動拠点に関する検討

iii) 結論ならびに今後の課題

今年度は、令和元年度に開発した避難・救助支援コンテンツ試作版の改修を行い、レイヤー表示機能や曝露評価のための空間解析機能などの機能を追加した。また、本試作版及びこれまで御嶽山、那須岳で実施した登山者動向把握実験の結果を周辺自治体と共有し、登山者データ及びその解析結果の防災利用について提案を行った。特に那須岳火山防災協議会コアグループ会議に対しては、解析結果をバックデータとして訓練シナリオに盛り込んだ防災訓練を実施し、避難計画の改訂に向けた様々な検討を行うことができた。

次年度は、御嶽山と那須岳でこれまでと異なる条件での登山者データを取得し、富士山周辺自治体を含めて、さらなる登山者データ及びその解析結果の防災利用について提案し、活用に向けた検討を行う。なお、那須岳火山防災協議会コアグループ会議を対象とした防災訓練は継続して実施する。

b) 退避壕（シェルター）等の耐衝撃性実験

前年度から引き続き、避難計画の作成や避難・救助活動において重要な施設である退避壕（シェルター）等の耐衝撃性を評価することを目的として、模擬火山岩塊を使用した衝突実験を実施した。今年度は建築物への衝撃力を緩和することを目的とした耐衝撃性能の補強方法について検討を行った。補強方法については、標高の高い山小屋などで容易に手に入る軽石と砂を使った補強法の検討を行った。対象とした構造物は木造建物と鉄筋コンクリート造を対象として実施した。

実験方法はこれまでと同様に山田他(2019)²⁰⁾を基に図42及び、写真8に示す衝突実験装置を使用して、試験体に軽石（スーパーソルL1、ガラス発泡資材事業協同組合）または砂を土嚢袋に入れて前面に配置し、噴石に見立てた飛翔体（砥石：重量 2.66kg、密度 2421kg/m³）を使い、射出速度を変化させて、実験を行った。木造建物は山小屋の屋根を模した杉材製試験体（基本構造、図43）を作成し、鉄筋コンクリート造については、ボックスカルバート構造を想定し²¹⁾、工場で養生した試験体を用いた。土嚢袋の設置方法については前年度の試実験により検討を行っており、その設置方法で実験を行った。今年度の実験は、2021年4月26日から28日及び6月21日から23日、2022年3月23日から25日に防衛大学校で実施した。

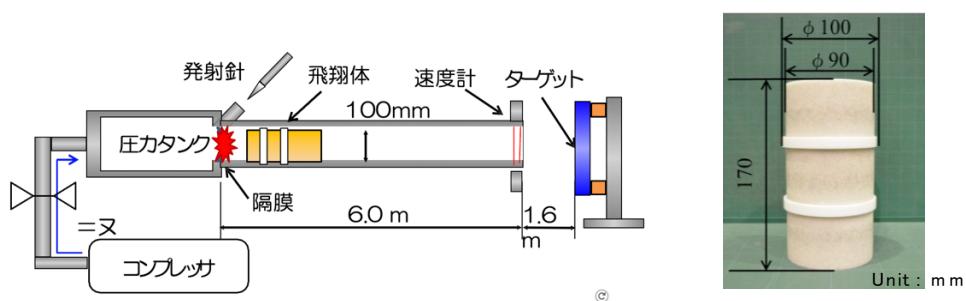


図 42 実験装置概要と飛翔体

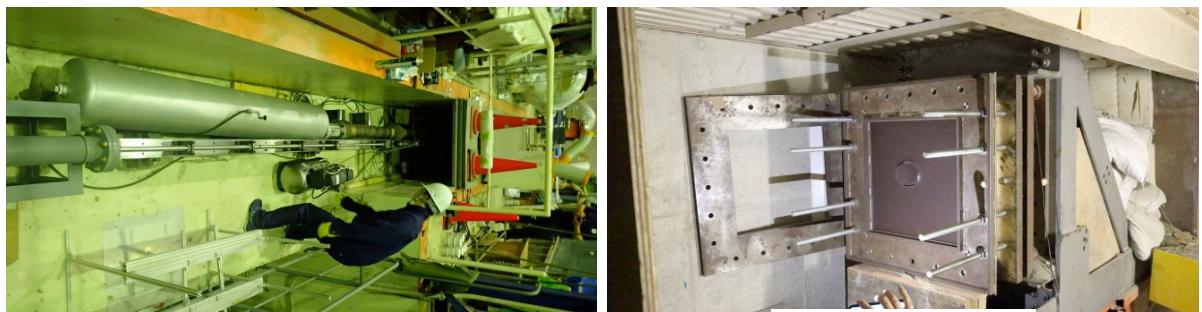


写真 8 高速投射型衝撃破壊試験装置

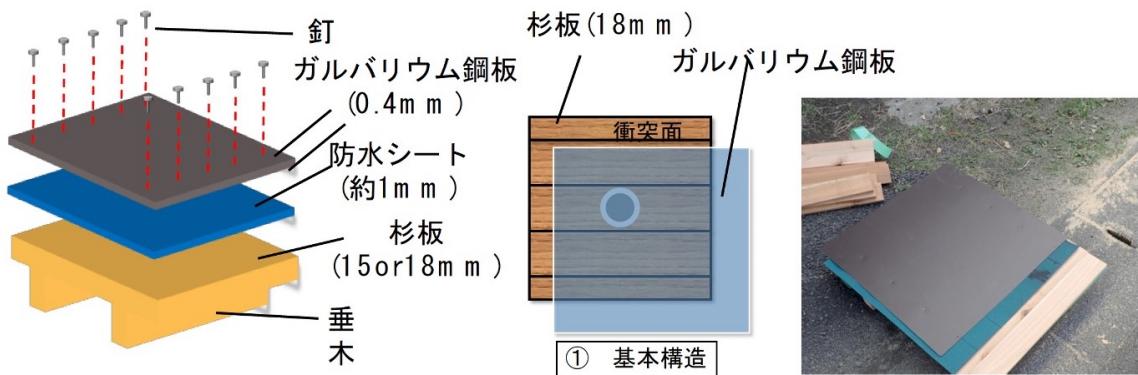


図 43 試験体の基本構造

はじめに木造建物の実験結果について、模擬投出岩塊衝突試験を速度と人工軽石の厚さと砂を変化させて実施した。実験後の試験体の様子を写真 9、10 に示し、結果を図 44 に示す。図 44 から人工軽石、砂ともに厚さを増加させると衝撃吸収効果が上昇し、人工軽石よりも砂の方が、衝撃吸収効果が高いことが分かった。また、これまでの実験結果との比較として、杉板 2 重（スタッカード構造：木目が平行な積層、図 44 の黄色横線）と人工軽石厚 10 cm、杉板 2 重（クロス構造：木目が直交する積層、図 44 のピンク横線）と人工軽石厚 15 cm とがそれぞれ同等の衝撃エネルギー吸収効果を持つことが分かった。加えて、約 12 cm 厚の人工軽石を配置した場合は約 2570 J (44 m/s) まで貫通せず、約 19.5 cm 厚の人工軽石を配置した場合は 3850 J (53.8 m/s) まで貫通しない。これは、杉板 1 枚からなる山小屋の基本構造の「貫通限界」が 1300 J (31 m/s: 山田他 (2019)²⁰⁾、図 44 の青灰色横線）であることから、人工軽石の衝撃吸収効果によって、12 cm 厚の軽石で約 2 倍、19 cm 厚で約 3 倍向上となり、人工軽石設置の効果が確認できた。



写真9 軽石を置いた実験（人工軽石 15cm、飛翔体速度 54m/s）の前（左）と実験後（右）



写真10 砂を置いた実験（砂 13.8cm、飛翔体速度 55.6m/s）の前（左）と実験後（右）

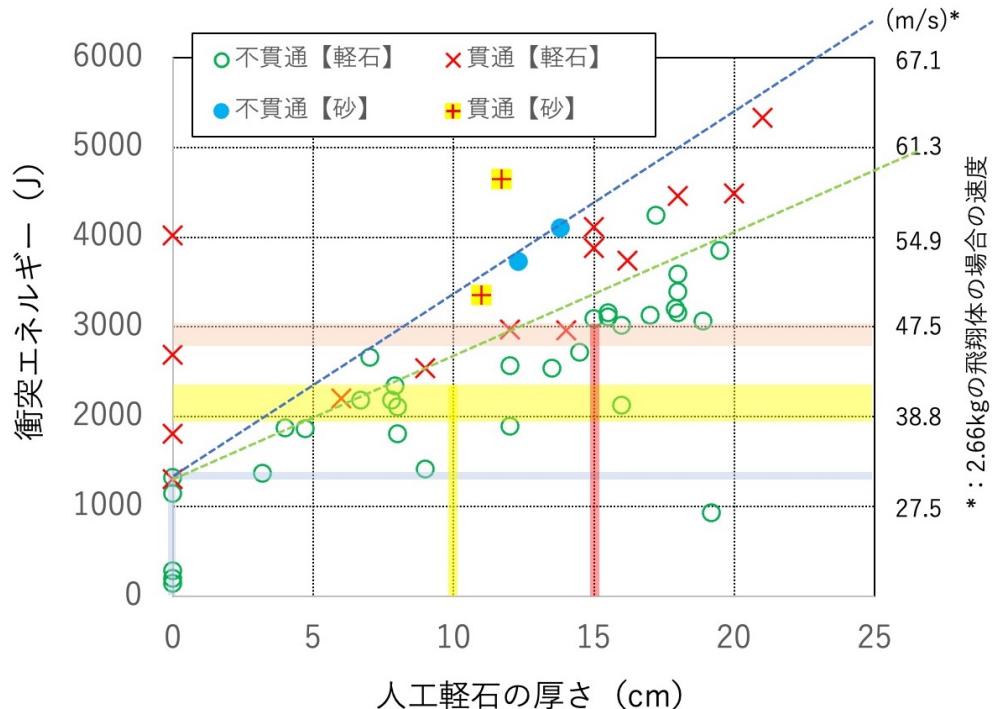


図44 人工軽石と砂を設置した木造試験体実験結果。砂の層厚も同横軸で示した。青灰色、黄色、ピンクの横線は、杉板1枚の基本構造、杉板スタッカード構造、杉板クロス構造、それぞれが吸収する衝突エネルギーレベル（山田他、2019²⁰）。

次に鉄筋コンクリート造を対象にした実験結果を示す。鉄筋コンクリート造への衝突では、裏面剥離を防ぐ必要がある。そこで、鉄筋コンクリート造に人工軽石を載せた場合の衝撃吸収効果を検証するための実験を行った。なお、今年度は来年度以降本格的に実験を行うための試実験として行った。試実験では、前述の人工軽石を使い、厚さ 150 mm の鉄筋コンクリート造の試験体に速度を 96~118 m/s の範囲で変えて、軽石がない条件を 3 回、軽石を設置した条件で 5 回実施した。実験結果の一例として写真 12 に人工軽石の厚さ 110 mm、飛翔体速度 110 m/s とした場合の結果を示す。この写真から、衝突面にはそれほどひび割れは発生していないが、裏面ではひび割れがみられひび割れ 5 mm と大きく、裏面剥離に近い被害が確認できた。今年度は試実験として次年度本実験を行うための実験条件の検討などを中心に行ったため、ひび割れの深度などや裏面剥離の度合いなどについては十分精査できていないが、来年度以降実験ケースを増やして検討する予定である。

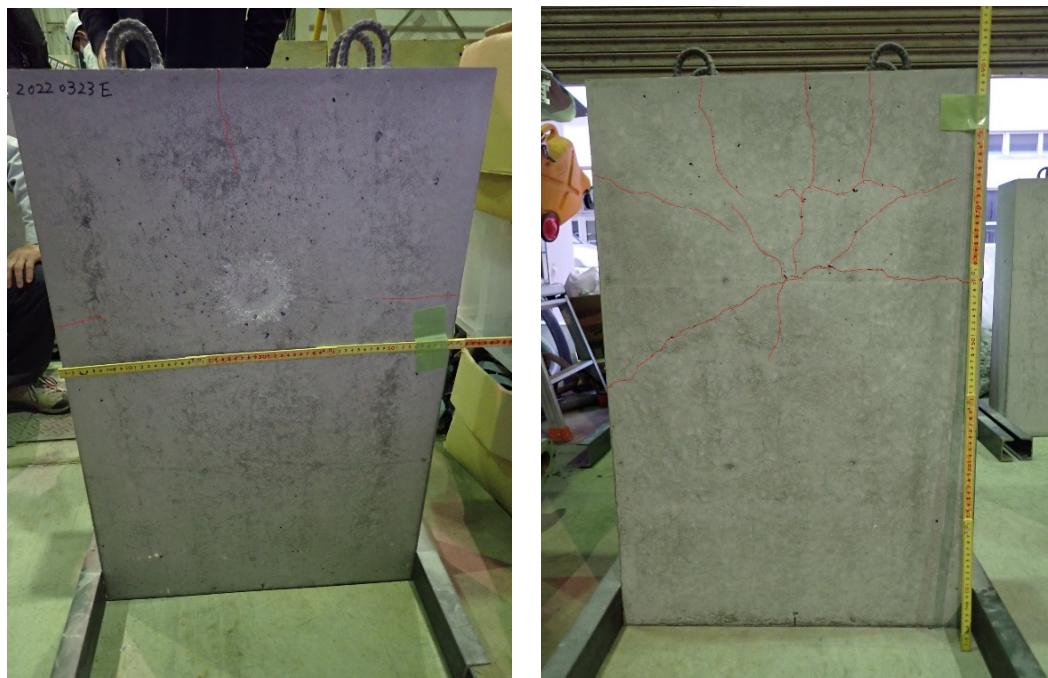


写真 12 鉄筋コンクリート造の試験体に人工軽石を置いた実験（軽石 110 mm、飛翔体速度 110 m/s）の衝突面（左）と裏面（右）

c) 避難シミュレーションの検討

火山災害は、その起因現象に応じてハザード発生の時間や領域が異なるため、避難計画の策定にあたってもそれぞれの特性を鑑みて作成する必要がある。避難シミュレーションを実施する前段階として、現象毎の避難シミュレーションのための視点について体系的に取りまとめを行った。火山災害別に被害が及ぶ距離や到達時間を勘案した避難方式を選定し、それに応じた避難経路・段階的避難の考え方を整理した（表 8）。これら得られたデータから考察すると、本評価を行うためには、マルチエージェントシミュレーションによる評価が適していること、また、シミュレーションの効果測定として、避難完了率を指標とすることを提案した。

表8 噴石、溶岩流、降灰に対する避難方法のまとめ

	噴石	溶岩流	降灰
避難の根拠	いのちを守るため くらしを守るため	いのちを守るため くらしを守るため	(主に) くらしを守るため
避難対象範囲	影響想定範囲 (ハザードマップ等)	影響想定範囲 (ハザードマップ等)	降灰の被害が甚大な範囲 (生活困難となる範囲)
避難タイミング	発生直後	発生後～到達する前まで	発生後～影響が及ぶ前まで
避難手段	徒歩または最も早く危険を回避できる手段	徒歩または車両等	車両等
避難方式	一斉避難	一斉避難/段階的避難	一斉避難/段階的避難

避難完了率の概念図を図45に示す。横軸に避難開始からの時間、縦軸に避難完了率を記しているが、避難対象とする対象（例えば人口）のうち、経過時間ごとにどの程度の対象の避難が完了したかを示す避難完了率を縦軸に取る。通常であれば、時間の経過とともに避難完了率は上昇するが、例えば渋滞などの障害の発生により、避難完了率の停滞などが起こる。図46は、避難経路に閉塞箇所がある場合の例で、避難対象（緑・オレンジ・黄色）が渋滞している状態から経路の拡充を行うことによって渋滞が緩和されていることが見て取れる。実際の交通量などにおいて、このような経路の渋滞緩和の施策によりどの程度効果が見込めるかなど、避難シミュレーションにより定量的な評価を実施することを今後の方向性とすることを提案する（図47）。なお、火山災害としては、課題C3で実施される噴石・溶岩流・火碎流シミュレーションなどの計算結果と合わせることにより評価を実施することを検討する。

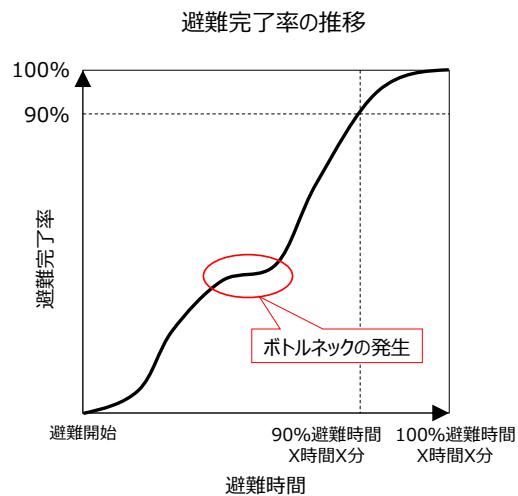


図 45 避難完了率の推移のグラフィイメージ

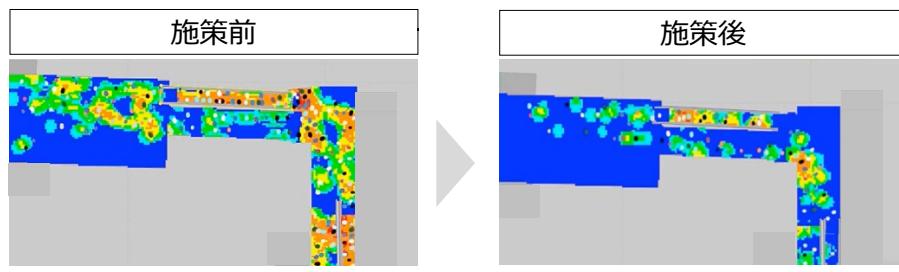


図 46 マルチエージェントによる避難シミュレーション活用のイメージ

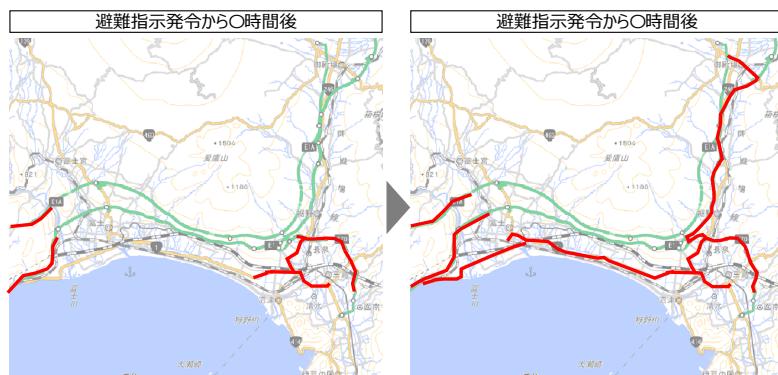


図 47 ミクロ交通流シミュレーションによる避難交通の時系列変化の可視化イメージ

(c) 結論

情報ツールの3コンテンツ試作版について昨年度に続き高度化が進められた。特に本年度は、①周知啓発・教育用コンテンツに関しては、ユーザーである自治体関係者へのアンケートや現場での結果に対応し、実際の災害対応や火山灰上走行実験の動画やIAVCEIが作成している啓発動画の日本語版などのコンテンツを加えるとともに、インフラ関係会社と現場で要求されるハザード情報について意見交換を行った。②降灰被害予測コンテンツでは、これまで実施した降灰による建物への影響を評価する上で、建物自身による降灰挙動を評価することの必要性がシミュレーションから明らかになった。また、降灰ハザード自身を評価する方法として離散型降灰データから分布を自動的に描く手法を検討した。さらには、富士山麓において実施された火山灰上走行実験によって、降灰の交通への影響を評価する上で重要な知見が得られた。③避難・救助支援コンテンツにおいては、那須岳などの登山者の動向把握のための可視化ツールが改修された。また、登山者などの待避壕や避難小屋の耐衝撃実験が継続され、それら構造物の噴石に対する強度評価が可能になった。また、居住区域での火山災害避難シミュレーションの可能性とその評価の仕方について検討した。これらの成果を踏まえ、令和4年度までに情報ツール試作版の高度化をさらに進め、令和5年度以降の防災現場での活用を目指したい。

(d) 引用文献

- 1) 火山防災強化推進都道県連盟、
<https://www.pref.yamanashi.jp/shinchaku/kazan/0107/kazanrenmeiseturitu.html>
- 2) 火山防災強化市町村ネットワーク、
https://www.city.kagoshima.lg.jp/kikikanri/kazan/kazanbousaikyoukasyouson_network.html
- 3) 国土交通省、GISホームページ、<https://nlftp.mlit.go.jp/index.html>
- 4) e-Stat、地図で見る統計、<https://www.e-stat.go.jp/>
- 5) 国土交通省 国土地理院、基盤地図情報サイト、<https://www.gsi.go.jp/kiban/>
- 6) 国土交通省 気象庁、全国の活火山の活動履歴等、
https://www.data.jma.go.jp/vois/data/tokyo/STOCK/kaisetsu/vol_know.html#rirei
- 7) 山梨県 富士山火山防災対策協議会：富士山ハザードマップ（令和3年3月改定）、<https://www.pref.yamanashi.jp/kazan/hazardmap.html>
- 8) 日本建築学会火山災害対策特別調査委員会、2018、「火山災害対策特別調査委員会」活動報告書、日本建築学会
- 9) 諏訪仁、野畠有秀、大塚清敏、久保智弘、宮村正光、宮城洋介：降灰荷重による建物屋根の被害確率関数、日本建築学会大会（関東）学術講演梗概集、2020
- 10) 建築行政情報センター、日本建築防災協会：2015年版建築物の構造関連技術基

準解説書、全国官報販売協同組合、2015

- 11) 社会資本整備審議会 建築分科会 建築物等事故・災害対策部会：建築物の雪害対策について報告書、2014年10月
- 12) 日本医療福祉設備協会 規格・指針委員会：日本医療福祉設備協会企画 病院設備設計ガイドライン(BCP編)、2012.12より引用
- 13) Yang, Q. and Bursik, M. (2016) A new interpolation method to model thickness, isopachs, extent, and volume of tephra fall deposits. *Bull. Volcanol.*, 78(10):68
- 14) 小山真人・早川由紀夫 (1996) 伊豆大島火山カルデラ形成以降の噴火史。地学雑誌、105(2), 133-162 doi.org/10.5026/jgeography.105.2_133
- 15) 御嶽山降灰合同調査班 (2014) 御嶽山2014年9月27日噴火による降灰分布。火山噴火予知連絡会会報、119号、96-101。
- 16) Yang, Q., Bursik, M. I., and Pitman, E. B. (2018) A new method to identify the vent location of tephra fall deposits based on thickness or maximum clast size measurements (SVL). <https://vhub.org/resources/4377>
- 17) Hayakawa, Y. (1985) Pyroclastic geology of Towada Volcano. *Bull. Earthq. Res. Inst.*, 60, 507-592.
- 18) 上澤真平・土志田潔・竹内晋吾・三浦大助 (2019) 我が国の降下火山灰データベースを用いた確率論的降灰ハザード評価 (jst.go.jp)。2019年火山学会予稿集、B3-02, https://doi.org/10.18940/vsj.2019.0_86
- 19) Uesawa, S., Toshida, K., Takeuchi, S. and Miura, D. (2020) Probabilistic assessment of tephra fall hazards in Japan using a tephra fall distribution database. 11 February 2020, PREPRINT (Version 1) available at Research Square, <https://doi.org/10.21203/rs.2.23106/v1>
- 20) 山田浩之, 立山耕平, 本多亮, 吉本充宏, 藤井敏嗣, 2019, 噴石衝突に対する木造建築物屋根の簡易構造補強. 火山, 64, p.243-251.
- 21) 山田浩之, 佐々木寿、成毛志乃、小笠原永久、2016, 噴石衝突実験による鉄筋コンクリートシェルターの安全性検討、日本火山学会講演予稿集、B2-09

(e) 成果の論文発表・口頭発表等

別添「学会等発表実績」のとおり。

(f) 特許出願、ソフトウェア開発、仕様・標準等の策定

- 1) 特許出願
なし
- 2) ソフトウェア開発
なし
- 3) 仕様・標準等の策定
なし

(4) 令和4年度の業務計画案

令和4年度は、令和2年度から4年度までの第2期の最終年度に当たる。令和4年度は高度化中の情報ツール、3コンテンツ試作版についてさらに高度化を進める。

(a) 業務計画、実施方法

業務として、以下の4項目の内、特に、前3項目について実施する。

①周知啓発教育用コンテンツ試作版の高度化

本年度は中間報告年度であることを鑑み、これまでに開発してきた周知啓発教育用コンテンツ試作版を高度化する。昨年度行ったヒアリング調査やアンケート調査から得られたニーズや課題に対応し、本コンテンツの高度化を図るとともに、本コンテンツを使ったアウトリーチ活動に向けた準備を行う。具体的には、動画や写真などのデジタルコンテンツと災害対応の記録等をコンテンツとして掲載する。また、引き続き火山ごとに情報を整理するとともに対象火山の情報や避難確保計画に関する情報を容易に調べができるようになるとともに、火山灰対策に関する情報を整理してコンテンツに加える。いくつかの火山防災協議会における検討資料も公開可能なものを掲載する。さらに、引き続き、本コンテンツを広く日本国内の防災担当者に周知するためのアウトリーチ活動を行い、さらなる高度化のために、引き続きニーズや課題をアンケート調査などから把握する。

本コンテンツによる情報発信の在り方を検討するために、火山防災に関して防災関係機関へのヒアリング、ディスカッション等を実施する。

②降灰被害予測コンテンツ試作版の高度化

本年度は中間報告年度であることを鑑み、これまでに開発してきた降灰被害予測コンテンツ試作版を高度化する。昨年度までに実施してきた降灰による建築物の損傷・被害に関する降灰深の閾値評価や建物空調設備およびフィルター被害の結果を含めて建物機能被害評価法を再検討し、都市部への降灰被害予測コンテンツの改善を実施する。今年度は降灰による屋根への影響評価事例を増やすことで、要因となるパラメータを整理する。また都市部における積灰空間分布を確認するため、数値シミュレーションにより建物が積灰分布にどのような影響を及ぼすか街区での積灰空間分布の検討を行う。さらに、これまで実験による建物空調設備およびフィルター被害の結果をまとめ、建物機能被害の損傷曲線を提案するとともに、過去の被害事例に基づく都市機能被害の損傷曲線と組み合わせることで、機能被害を明示し都市部への降灰被害予測コンテンツを改善する。

昨年度、伊豆大島火山における過去1500年間の降灰量データを用いて実施した降灰ハザード評価に引き続いて、他の活火山地域においても降灰ハザード評価が可能かどうかを検討し、降灰の被害評価法の結果と合わせて降灰予測コンテンツの中身とすべく整備する。

③避難・救助支援コンテンツ試作版の高度化

本年度は中間報告年度であることを鑑み、これまでの富士山、御嶽山、那須岳における登山者動態データの分析を行い、可視化ツールを用いた登山者動態解析結果の防災利用について関連自治体へ提案する。そのために、これまでに収集したデータを用いて、避難計画に必要な登山者の移動速度について検討を行う。また、今年度実施される御嶽山における登山者動向把握実験に協力し、そこで得られたデータも分析に用いる。

さらに、前年度に引き続き、避難計画の作成や避難・救助活動において重要な施設である退避壕（シェルター）等の耐衝撃性を評価するために、今年度は鉄筋コンクリート造建築物へ模擬火山岩塊を使用した衝突実験を実施する。

また、海外における最近の火山災害対応をタイムラインとしてまとめ、我が国における火山災害対応と情報発信のあり方の考え方をまとめる。さらに、昨年度の避難シミュレーションにおける避難経路や段階的避難の考え方の検討を踏まえて、次のステップとして、火山災害イベントツリーの整理に着手し、火山ハザード現象と想定される災害事象と空間・時間の整理を行い、後年度の避難シミュレーション実施の計画立案を行う。

④自発的な研究活動等

自発的な研究活動等に関する実施方針に基づき、所属機関が認めた範囲で自発的な研究活動等を推進する。

なお、研究期間中に国内の火山で、噴火の予兆が把握された場合もしくは噴火が発生した場合において、火山機動観測実証研究事業により緊急観測が実施される際は、前記の技術開発の一環として、その計画の一部もしくはその全てに代えて、緊急観測を実施することあるいは緊急観測に協力することを可能とする。

(b) 目標とする成果

本年度中に高度化を進める情報ツール、3コンテンツ試作版については、平成5年度以降に社会実装の段階に移行する。試作版の高度化と社会実装には大きな段差がある訳ではないが、これまでのよう基礎的な情報素材の収集を行うのではなく、自治体の防災担当者や火山防災協議会に加わる専門家、さらには、インフラ関係者に実際に活用してもらい、使い勝手や過不足について修正を行うステージになる。そのため、情報の出し方についても防災研究者や現場と連携していく必要があり、令和5年度以降の社会実装ステージに移行できると考えられる。