

2 (5) 高リスク小規模火山噴火

「高リスク小規模火山噴火」総合研究グループリーダー 大湊隆雄
(東京大学地震研究所)

目的

火山では、噴気地帯や山頂火口近傍に、多くの観光客や登山客が訪れたり、観光施設が設けられている場合が多く、平成 26 年の御嶽山噴火や平成 30 年の草津本白根山噴火のように、規模が小さくても人的・物的被害等が生ずる場合がある。また、小規模な噴火は発生頻度が相対的に高いことから、観光客や登山客等の災害リスクの低減という観点から重要な研究対象である。そこで、噴火災害に関する史料の収集、地質調査による水蒸気爆発等の噴火履歴調査、各種観測による活動把握、災害誘因である噴石や土石流などの予測研究、災害情報の発信に関する研究等を実施する。これらの成果を総合的に検討し、研究の課題や方向性を明らかにする。

実施方法

(1) 既存課題の成果を活用

- ・噴火災害資料の収集、災害発生状況の整理、災害発生時の火口からの距離等の文献調査、災害関連学会での情報収集
- ・地質調査による水蒸気爆発等の噴火履歴調査
- ・地球物理・地球化学的各種観測による活動把握
- ・比抵抗調査等による熱水系の構造探査による水蒸気噴火ポテンシャルの評価
- ・災害情報の発信に関する研究の活用（御嶽、本白根の事例研究など）

(2) 建議の研究の枠外（社会科学、災害科学分野など）の成果を活用

- ・災害関連学会等からの情報収集
- ・社会科学、災害科学分野等の研究者に、火山分野への応用を検討してもらうための方策（集会・セミナー等）の検討

(3) 既存研究成果を精査し、研究分野の過不足の有無を洗い出し、あらたな研究課題や研究の方向性の提案につなげる。

(4) 上記に関連する研究集会の企画

本年度の実施内容

本研究グループに関連する課題は、大きく次の 5 つの項目に分類することができる。

1) 災害情報の発信に関する研究、2) 小規模噴火の発生する場の把握、3) 観測による火山の活動把握、4) 噴火の予測に関する研究、5) 小規模噴火災害の資料収集。

今年度は 2022 年 1 月 18 日にオンラインで研究集会を実施し、関連課題代表者による研究成果発表および議論を行った。昨年度は 2) から 4) に対応する報告が多かったが、

今年度は1)に関する報告が増えた。また、高リスク小規模噴火を含む火山災害全般に関する一般の方々の知識や認識に関するオンラインアンケートを2022年3月に実施した。

以下では、研究集会における報告を中心として、各項目毎の成果を紹介する。各課題の成果はその課題が属する部会報告でも報告されており、内容的に重なる部分もあるが、本総合研究グループの目標への寄与という視点に立って紹介する。オンラインアンケートについては実施概要の報告に留め、次年度以降アンケート結果の解析を進めた上で報告する予定である。

1) 災害情報の発信に関する研究

ニュージーランドで開発されたVUI(火山活発化指数)を日本の火山に適用するための具体的な検討を進めている。VUIとは、噴火前の各種観測データの変化から火山活動の活発化の度合いを客観的に評価する指標である。VUIは本総合研究の対象である高リスク小規模噴火の評価にも応用できる可能性があり、災害情報としてどのような情報を発信することが可能であるかを評価することにつながる。昨年度までに十勝岳と阿蘇山を対象にVUIの評価基準の作成とVUI値の月別推移の試行的作成を行ったが、今年度は吾妻山に関するVUIの評価を進めた(北海道大学[課題番号:HKD_04]、京都大学理学研究科[課題番号:KUS_02])。なお、VUIの評価は火山活動の状況把握そのものでもあり、この研究は、3)観測による火山の活動把握、との関係も深い。

外国人(観光客あるいは在留外国人)への火山に関する情報提供方法を検討した。具体的事例として、北海道胆振東部地震の事例を検討した。この事例は火山とは直接の関係は無いが、外国人に対する災害情報発信の対応事例として大いに参考になる。この例から得られた知見として、観光客が団体客なのか個人客なのかによって、避難情報を得る経路が異なる点が挙げられる。団体客は大使館や総領事館経由の場合が多いが、個人客は観光協会や観光窓口で情報を得る場合が多い。また、観光客に情報を提供する場合は英語あるいは多言語が効果的であったが、在留外国人に対してはやさしい日本語が効果的であった。これらの知見は、火山を訪れる外国人に対する情報提供方法を検討する場合にも活かすことができる。また、火山における観光客への対応例として、箱根火山の2015年の大涌谷噴火を受けて、行政・観光協会・温泉地学研究所が協力して対応した例を挙げることができる。これは、他の火山周辺観光地における情報発信においても参考にすることができる(兵庫県立大学[課題番号:HYG_01])。これらの取り組みは、高リスク小規模噴火に関する情報を外国人観光客にどのように提供するか、という問題を考える際に大いに参考になる。

御嶽山噴火を受けて、名古屋大学は2017年に御嶽山火山研究施設を設け、「火山活動評価力の向上」、「地域主体の防災力向上を支援」、「火山防災人材の育成と火山に対する知見の普及」を目標とした活動を続けている。その活動の一環として、御嶽山地域の火山防災に関する知識の効果的普及・啓発や火山と共生する地域のすばらしさを内外に伝える役割を持つ御嶽山火山マイスターの活動を支援している。御嶽山火山マイスター制度の向上を目指し、他火山における火山防災に関する先進的な取り組みとの比較を進めており、今年度は島原半島・雲仙ジオパーク、桜島・錦江湾ジオパーク、磐梯山噴火記念館の火山防災に関する取り組みに対する調査・比較を進めた。調査の結果、頻度の低い噴

火現象だけでなく毎年のように発生する土石流災害など砂防という観点から防災意識を高めることが重要、火山地域は観光が主たる収入源であることから啓発・教育において火山の恵みも伝えることが必要、子供を対象とすることが効果的、ボランティアではなく有償化により責任を持たせることでガイドの質を担保することが必要、などの知見が得られた。次年度以降は阿蘇火山博物館、伊豆大島および洞爺湖・有珠山のマイスター制度の調査を予定している（名古屋大学〔課題番号：NGY_07〕）。

阿蘇山を訪れる観光客を対象として、観光客が退避壕に入るという安全確認行動を促進する要因はなにか、を明らかにするためのアンケート調査を実施した。2021年2月26日から3月2日の期間、インターネット調査を実施し、400人の有効回答を得た。看板設置、噴火の痕跡を残すこと、気象庁による噴火警戒レベルの情報提供が有効であること、阿蘇中央火口周辺の掲示板・音声ガイダンスが有効であることが分かった。一方、これら掲示板・音声ガイダンスは火山ガスの危険性を喚起することが主目的であり、退避壕への避難はガス対策として有効でないにもかかわらず、退避壕避難を促す理由を明らかにすることは今後の検討課題である。火口近くで配布するパンフレットはあまり有効でないという結果が出たが、その詳細も今後の検討課題として残された（東北大学〔課題番号：KOB024〕）。

火山災害軽減のためのリスクコミュニケーションに関する研究の一環として、自治体における噴火時対応タイムラインの作成と訓練及び研修の実進を進めている。これまでに実施した訓練や、防災研修、自治体に対する調査の結果、噴火を想定した防災訓練へのニーズが得られたことを受けて、これまでに実施した手法を用いた訓練と研修の実進に向けた準備を開始した（防災科学技術研究所〔課題番号：NIED01〕）。

阿蘇山では、環境省による退避壕更新や、警戒範囲を回避するように登山道を変更する事業が進められている。阿蘇山における登山客の火山認知度、噴火警戒レベルの理解度に関するアンケート調査によると、阿蘇が活火山だと認知していた観光客は7割に過ぎないことが分かった。また、警戒レベルの理解度は火山毎に違うこともわかった。2021年10月噴火の際には、早朝から登る登山客に対応できなかったという情報伝達に関する課題も明らかになった（京都大学理学研究科〔課題番号：KUS_03〕）。

ここまでで紹介した、御嶽山、阿蘇山などにおける情報発信に関する取り組みは、高リスク小規模噴火に関する情報発信という課題においてもそのまま活用することができる。

本総合研究グループ独自の取り組みとして、以下の内容を目的とするインターネット調査を実施した。1) 火山噴火など火山の様々な活動に伴って発生する自然災害について一般の方々がどのような知識や認識を持っているか、2) 特に、噴火災害のなかでどのような災害を危険だと思っているか、3) 噴火の規模と被害の関係についてどのような認識を持っているか、4) 火山周辺を訪れたことがある方や火山周辺に居住する方とそうでない方々との認識の違いはあるか。調査は2022年3月18日から22日にかけて実施し、8000件のサンプル数を得た。得られたデータの解析は来年度に実施する予定である。

2) 小規模噴火の発生する場の把握

草津白根山の湯釜は、火口湖が定常的に存在し熱的な活動度が高い状態が続いており、過去に小噴火を繰り返している。しかし、地震や地殻変動、熱活動の活発化である unrest がしばしば見られるものの、全ての活発化が噴火に至るとは限らない。これに対し、湯釜の南方に位置する本白根山は、普段の活動度は低いにもかかわらず 2018 年に不意打ちともいえる噴火が発生し、人的被害が出た。両火口の unrest の現れ方の違いと噴火発生との関係について、比抵抗探査や震源分布、地殻変動解析などから推定されている浅部構造の違いに着目して検討を進めた。一方、湯釜においては、過去に側噴火の事例が数多くあるにもかかわらず、火口中心からの距離に応じて警戒範囲が設定されており、側噴火の発生リスクが十分に考慮されているとは言い難い状況である。そこで、側噴火によるリスク軽減を目指した地球化学的観測の試行として、土壌拡散気体である水銀の検出、希ガスの同位体分析、光ファイバー温度計を用いた熱異常の検出などによるモニタリングを開始した（東京工業大学〔課題番号：TIT_03〕）。草津白根山周辺は、小規模高リスク火山噴火の発生場を理解する上で最適なフィールドの一つであり、本課題で得られる知見は、草津白根山にもならず、水蒸気噴火の発生が予測される他火山においても大いに活用することができる。

3) 観測による火山の活動把握

噴火の早期検知手法として、空中電界変動を活用する手法の開発を進めている。桜島での観測からは、爆発的噴火だけでなく地震・空振をあまり励起しない灰噴火も検出可能であることが判った。他の観測項目と合わせることで、噴火の検出能力が上がることを期待される。阿蘇山では 2021 年 10 月噴火に伴う電界変動を検出した。浅間山においても 2 点による観測を開始した（東北大学〔課題番号：THK_03〕）。本課題で想定する小規模水蒸気噴火は、地震・地殻変動・空振などの既存の地球物理的観測手段では見落とされるおそれがあり、新たな噴火検出手法の開発には大きな期待を寄せている。

富山県弥陀ヶ原火山の全体像は、過去の各種観測やその解析結果によって以下の様に捉えられている。深部ではマグマ供給に関連すると見られる低周波地震の活動が報告されている。深さ 4 km 付近には地震波低速度領域が見出されており、深部マグマだまりの可能性もある。比抵抗探査からは深さ 50m 付近に熱水・ガスだまりがあり、その膨張収縮が干渉 SAR で捉えられている。地表においては 2011 年ごろから地獄谷において噴気活動の活発化が見られるが干渉 SAR では地殻変動が検出されていない。

この弥陀ヶ原火山において、活動状態を把握するための多項目地球物理観測を継続しており、弥陀ヶ原火山全体の活動状況把握を目指す広域地震観測、地獄谷における浅部熱水・ガスだまりの活動推移の把握を目指した水準測量と GPS 観測、噴気活動の定量化を目指す微動観測、熱水流動経路の把握を目指す熱活動観測を実施している。地獄谷遊歩道沿いで実施した水準測量により検出された 2.9 cm/年の沈降は、活発な噴気活動が継続している紺屋地獄・新噴気帯付近に位置するほぼ鉛直なダイクの閉口により説明された。地獄谷では 2020 年 8 月と 10 月に GPS 繰り返し観測を実施していたが、2021 年 8 月からは連続的観測に移行した（富山大学〔課題番号：TYM_02〕）。噴気地帯に隣接する観光地は、本総合研究グループの重要な研究対象であるが、多項目の観測が行われて

いる事例は少ない。弥陀ヶ原における観測により貴重な観測データの蓄積が進むことが期待される。

4) 噴火の予測に関する研究

噴火・災害ポテンシャル評価のためのモデリング研究の一環として、水蒸気噴火を駆動した熱水量の見積を行った。噴出物の到達範囲は水蒸気噴火を駆動する熱水の量に支配されることから、熱水量は防災上重要な情報である。地球物理的手法で求められる固体と熱水を合わせた総噴出量と、地質学的手法で求められる固体噴出量から熱水量を見積もる手法を開発し、硫黄島の水蒸気噴火に適用した。地震・空振シグナルから見積もられた固体と熱水の総噴出量は $4.3 \times 10^4 \sim 7.1 \times 10^6 \text{m}^3$ 、地質調査による固体噴出量は $8.0 \times 10^2 \sim 1.1 \times 10^4 \text{m}^3$ であり、これらの観測量に対して新たに開発した手法を適用することにより熱水量を $2.4 \times 10^4 \sim 4.2 \times 10^6 \text{kg}$ と見積もることができた。また、火道を上昇するマグマの振る舞いを調べるため、高粘性流体中の発泡シミュレーション手法の開発を進めており、計算上の各種設定や計算手法を変えてシミュレーションを行い結果の比較を行った（防災科学技術研究所 [課題番号：NIED01]）。このような、噴火ポテンシャル評価を目指す研究の成果は、小規模水蒸気噴火においても活用できると考えられる。

5) 災害発生状況の調査・整理

ドローンの小型化、高性能化とともに、災害発生時の被害情報把握へ応用するための研究が進められている。ドローン調査により得られる「噴出物の飛散範囲等の動的情報」と「人・家・施設等の静的情報」を組み合わせ、被害情報を迅速に把握することが期待される。ドローンの飛行範囲や運用コストは、本研究のターゲットである小規模噴火に対し、過大でも過少でもない適度な規模であり、将来的な活用が期待される（富山大学 [課題番号：TYM_03]）。

これまでの課題と今後の展望

・これまでの課題

火山活動による人的被害の程度は必ずしも噴火規模に依らない。噴火が発生する場所からの「距離」が人的被害の規模を大きく左右する。大規模噴火であっても十分な距離まで避難できれば人的被害は生じない。逆に小規模噴火であっても近くで発生すれば人的被害はまぬかれない。

マグマ噴火等の大規模噴火の場合はほとんどの場合明瞭な先行現象があり、噴火前に避難し人的被害が少ない場合が多い。また、噴火規模が大きくても周囲に人がいなければ被害が無い。これに対し、水蒸気噴火、ガス噴出、ガスの滞留等の比較的規模の小さい火山活動については、先行する現象が弱いあるいは無いために事前把握が難しく、危険性がわかりにくい。噴気地帯などはそのまま観光スポットになっていることも多く、観光客や登山客が危険性がわからないまま接近し、被害が出る場合がある。

小規模噴火にもかかわらず高リスクである理由の一つは、上記で述べたように発生場所や時期が予測困難だという点である。また、高リスクであるもう一つの理由として社

会的要因も考えられる。各自治体が発行する防災マップや、噴火に関する情報発信を担う気象庁が設定している噴火警戒レベルを見ると、防災マップの多くは噴火がある程度予測できることを前提とした記述となっており、高リスク小規模噴火に関する記述はほとんど見られず、危険性の存在が周知されにくい。噴火警戒レベルについても、非専門家が正確にその内容を理解しているとは考えにくく、専門家と非専門家の認識が大きく乖離している可能性がある。例えば、レベル1であれば安全であると考え、火口付近に無防備に接近して突発的な噴火に巻き込まれるという事が起こり得る。

・今後の展望

本課題のターゲットである小規模火山噴火は、データの取集が難しく、科学的な研究の対象とするためには困難を伴うため、観測研究計画の中でこれを明示的にターゲットとする研究は限られていた。しかしながら、小規模ゆえに発生頻度が高く人的被害も少ない現象に対して、被害低減につながる具体的な方策を探るための研究は本観測研究計画の中で実施されてしかるべきものであった。そこで、2019年度に始まった観測研究計画において「高リスク小規模火山噴火総合研究グループ」を立ち上げ、その活動を開始した。

本総合研究は、予測困難性と社会的要因に着目して研究の方向性を検討し、将来の研究課題のシーズを育てることを目標とする。予測困難性に関しては、これまでの知見を活用することで予測可能性を高めることはできないか、あるいは、予測可能性を高めるためにはどのような研究を新たに立ち上げるべきか、という観点から検討を進める。社会的要因に関しては、専門家と非専門家の認識のギャップを埋め、どうすれば非専門家が危険性を正しく理解することができるのか、そのためには何をすべきか、という観点から社会科学的、防災科学的研究の方向性に関して検討を進める。

3年目となる今年度は、関連する研究課題の整理と問題点の洗い出しを継続して進めた。昨年度に本総合研究で実施すべき研究項目を1) 災害情報の発信に関する研究、2) 小規模噴火の発生する場の把握、3) 観測による火山の活動把握、4) 噴火の予測に関する研究、5) 小規模噴火災害の資料収集、の5つに整理した。昨年度までの関連課題の研究成果を見ると、1) に関する課題の成果を十分に把握することができていなかった。これに対し今年度の研究集会では、1) に関する社会学的、情報学的な成果報告が増えた。また、5) に関連する報告もあった。2) ~ 4) については継続して成果が報告されている。来年度以降も、それぞれの項目に関する成果の掘り起こしと整理を進める予定である。また、今年度末に実施したアンケート調査結果を整理し、高リスク小規模火山噴火に関する効果的な情報発信を検討するための情報抽出を目指したい。

成果リスト

特になし