

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)

1. 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、噴火災害に関する資料の収集、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。

2. 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（御嶽山、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

3. 本年度の実施内容

本総合研究グループと関連する各分野の連携を整理するための連携図（図 1）を作成した。作成した図に基づいて関連分野の成果の取り入れ方や研究の過不足等について検討を進め、本総合研究で取り組むべき研究項目とその進捗状況を以下の様に整理した。

研究項目	進捗
1) 災害情報の発信に関する研究	→ 関連する研究課題はあるが、まだ問題点の整理が必要な段階
2) 小規模噴火の発生する場の把握	→ 関係各課題で実施中

- 3) 観測による火山の活動把握 → 関係各課題で実施中
- 4) 噴火の予測に関する研究 → 関係各課題で実施中
- 5) 小規模噴火災害の資料収集 → 未実施

本総合研究に関連する成果を研究項目毎に整理すると以下の様になる。

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が始まっている。これ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試みであり、その成果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され、災害情報としてどのような情報が発信可能であるかを評価することに繋がる。本年度は、昨年度作成した基準に基づいて、気象庁・北大・道総研等のデータを用いて十勝岳の VUI 毎月値を、1970 年から 2019 年について算出している。また阿蘇山中岳について VUI 基準を検討している(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])。

災害情報の発信に関する研究の問題点を整理するため、今年度は以下の 4 項目について検討した。

- a) 情報を発信すべき対象
- b) 現在使われている防災資料の内容
- c) 噴火警戒レベルと小規模噴火
- d) モニタリングは誰が行うか

a) 情報を発信すべき対象

本総合研究において対象とする高リスク小規模噴火については、地元住民に加えて観光客、登山客が情報発信の対象となる。地元住民に対しては防災マップの配布などにより情報発信を行うことが一般的と考えられるが、観光客や登山客についてはその行動を把握することが先決であり、情報発信の方法はその後に検討することになる。登山客の行動を把握する先駆的な試みとして富士山チャレンジプラットフォームが実施した「富士山チャレンジ」という取り組みがある。これは登山客にビーコンを配布し、その行動パターンを把握し登山者の安全対策に資するという試みであり、得られたノウハウや情報は本総合研究課題にとっても極めて重要である。この取り組みの実施者との連携や得られた成果の活用を次年度以降検討したい。

b) 防災資料の内容

火山周辺の自治体が発行している火山防災ハンドブックの例として、2009年に発行された御嶽山火山防災ハンドブックを取り上げる。これを見ると「火山噴火は事前に予測できる」、「小規模噴火は大規模噴火の前触れであり、大規模噴火になる前に避難すれば良い」という印象を与えかねない記述となっている。小規模噴火は前兆が捉えにくく不意打ちとなる場合があるし、小規模噴火であっても火口近傍に人が居れば被害が出る。

2014年の御嶽山噴火で被害にあった方々が、仮にこの情報に事前に接していたとしても、被害軽減に役立ったかどうかは疑問が残る。

次に、2014年10月の御嶽山噴火後に発行された噴火シナリオにおいて記述がどのように変わったのかを調べたところ、火山活動は徐々にエスカレートし大きな噴火に繋がるという記述が再び採用されており、2014年噴火と同じことが起きた場合にどのように対応するか、という点に重きを置いて書かれているという印象を受ける。しかし、前回の噴火と全く同じことが再び起きる可能性はそれほど高くはない。また、観測網が以前よりも整備されたとはいえ、前兆的な地震活動や地殻変動をリアルタイムで評価し適切に対応できる保証もない。防災対策を取るためには都合が良いのかもしれないが、噴火による被害の低減という観点からは噴火前の内容から大きく改善されたとは言い難い。

c) 噴火警戒レベルと小規模噴火

気象庁が発表する噴火警戒レベルと高リスク小規模噴火の関係も検討した。噴火警戒レベルは「わかりやすい指標である」、「防災対応との親和性が高い」という利点があるため広く認知され、防災対応の指標として使われており、比較的規模の大きい噴火に対しては概ね有効に機能していると考えられる。しかしこの噴火警戒レベルが小規模噴火に対しても有効であるとは限らない。現行の説明を読むと、大規模噴火に向けてレベル1からレベル5に向けて段階を踏んで活動がエスカレートするとの印象を与えかねない。また、レベル1は安全である、との印象も与える。小規模噴火に関しては噴火前にレベルが1段ずつ順序良く上がるとは限らないし、レベル1であっても必ずしも安全ではない。例えば、2014年の御嶽山噴火はレベル1の状態でも噴火が発生し、噴火後にレベル3に引き上げられた。2019年の浅間山の小規模噴火も同様である。この噴火もレベル1で発生しレベル3への引き上げは噴火後であった。大規模噴火に関しては、マグマの移動を伴うことが多く、前駆的な活動が発生する。そのため、地震発生数や地殻変動などの観測指標が徐々に高くなり噴火に至る場合が多いことから、噴火警戒レベルは有効に働く場合が多い。これに対し、必ずしもマグマの移動を伴わない小規模噴火は事前のシグナルが微弱であり、現行の噴火警戒レベルが有効に機能するとは限らない。

d) モニタリングの実施主体は誰か？

火山活動に伴うハザードは極めて多様である。溶岩流や噴石、降灰の他に火山ガスの噴出も被害者の発生につながっている。地震や地殻変動、遠望観測は気象庁が担っている。また、山頂火口からの火山ガス放出も気象庁によりモニターされている火山は多い。しかし、登山道沿いの小規模な噴気孔における火山ガスモニタリングは誰が実施しているのだろうか？岩手、宮城県の県境に位置する栗駒山では地元自治体が主体となってモニタリングを実施している。他の火山においても地元自治体を実施している例が多いと思われるが、火山によってはその火山に関心を持つ研究者任せか、あるいはそもそもモニタリングが実施されていない場合があるかもしれない。モニタリングの実態を調査した上で、モニタリングの対象から漏れている事例はないか、モニタリングはどこが担うべきかという重要な問題に関する議論を開始する必要がある。

2) 小規模噴火の発生する場の把握

本白根火砕丘群の山頂域に分布する小火口の活動年代を検討し、各火口を形成した水蒸気噴火の発生年代を推定した。水蒸気噴火の発生場として国内外に有名な白根火砕丘群 (SPCG) の形成史の解明のため地質図の試作と各火砕丘の活動年代推定を実施した (富山大学 [課題番号: TYM_01])。

草津白根火山において広帯域 MT 観測による 3次元比抵抗構造モデルの構築を行い、深部マグマ溜りからのマグマ性流体の供給路に相当すると思われる構造を見出した。御嶽山においては長周期 MT レスポンスを得るための試験観測を実施し、未変質の新期御岳溶岩を反映する高抵抗層を見出した。2014 年噴火口近傍は、表層付近から少なくとも深度 500 m までは低比抵抗層が存在し、噴火に関与した流体の存在が示唆された (東京工業大学 [課題番号: TIT_03])。

3) 観測による火山の活動把握

地球物理・地球化学的各種観測による活動把握

白根火砕丘周辺における多項目観測を継続し、活動の低下傾向を示す様々な観測的事実が得られた。本白根山 2018 年噴火時に発生した火山性微動の発生位置から、噴火に関与した流体が北方由来であることが示唆された。また、噴火発生時の傾斜変動と噴火噴煙放熱量の比較から、噴火に関与した熱水が比較的低温であった可能性が示唆された (東京工業大学 [課題番号: TIT_03])。

伊豆大島においては、人工電流源による地下比抵抗連続モニタリング (ACTIVE) を継続した。また直流法による比抵抗モニタリングも実施したが、いずれも顕著な変動は認められなかった (東京工業大学 [課題番号: TIT_03])。

弥陀ヶ原火山において、多項目の地球物理的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では 2.9 cm/年の沈降が検出され、近年活発な噴気活動が継続している紺屋地獄・新噴気帯付近ではほぼ鉛直なダイクが閉口したことが推定された。また過去の年変化は一定ではなく、噴気活動の盛衰や地下からの熱水の供給量の変化に対応していることが示唆された。地獄谷内に設置した GPS ベンチマークの繰り返し観測を 2020 年 8 月と 10 月にそれぞれ実施した (富山大学 [課題番号: TYM_02])。

百姓地獄北東部の噴気孔近傍において地動観測を行い、周波数 6-8 Hz および 65 Hz 付近が卓越する振動が観測された。65 Hz 付近の振動は、噴気孔で発生している空力音によるものと考えられる。また、弥陀ヶ原火山全体の活動状況を把握する観点から広域地震観測も開始した (富山大学 [課題番号: TYM_02])。

ドローンを用いて地獄谷内の熱観測を行い、熱活動の詳細な変化を明らかにするとともに、地獄谷内の熱水・噴気の温度分布図を作成した。干渉 SAR による地表の隆起を比較し、隆起量が大きい地点ほど高温の熱水・噴気が噴出しているという傾向を見出した (富山大学 [課題番号: TYM_02])。

駒ヶ岳・有珠・樽前・十勝・雌阿寒では地震・地殻変動観測を継続している。吾妻山においても、広帯域地震計による機動観測点における観測を維持・継続した。伊豆大島では絶対重力観測を継続的に実施している。焼岳においても地震・傾斜計・GPS から成る多項目観測を継続している。御嶽山では微小地震観測や GNSS キャンペーン観測を実施

している。阿蘇・九重では相対重力観測や微動のアレイ解析、GNSSやInSARによる地殻変動の抽出を行った。口永良部島では地震及びGNSSの連続観測を実施した（京都大学理学研究科〔課題番号：KUS_02〕）。

多項目観測データによる火山現象・災害過程の把握のための研究を進め、基盤的火山観測網（V-net）等のJVNDNシステムに集約されたデータの活用を進めている（防災科学技術研究所〔課題番号：NIED01〕）。

火山活動の監視、現象の理解等に必要となる基礎資料を提供するため、熊本において絶対重力観測を実施した。また、富士山において全磁力連続観測を実施した（国土地理院〔課題番号：GSI_06〕）。

小規模火山噴火に関する研究を推進するためには、火口近傍の観測体制の充実が不可欠である。活火山の常時監視体制の継続や、地震計や監視カメラの増強が進められている（気象庁〔課題番号：JMA_12〕）。

4) 噴火の予測に関する研究

噴火の予測に関する関連研究分野との連携として「多項目観測データに基づく火山活動のモデル化と活動分岐判断指標の作成（東北大学〔課題番号：THK_11〕）」との合同研究集会を1月12日と1月15日の2日に分けて実施した。

観測データの解析結果や物質科学的データの分析結果を整理して、火山活動推移のモデル化や噴火時小系統樹の分岐判断指標の作成を進めた。吾妻山や十勝岳を対象に火山性地震発生域や膨張・収縮源、低比抵抗領域、活動様式について比較研究が進んでおり、また、十勝岳の熱水系を念頭に熱水流動シミュレーションによる地下の熱水系のふるまいが調べられている。火山活動の変化に対する火口湖の応答について、湖水の熱・化学パラメータの数値的検討を行った。十勝岳の三段山山体の活動中に起こった山体崩壊により生じた、ヌッカクシ火口において調査した。マグマ噴火は約1800年前まであり、その後は水蒸気噴火および小規模な山体崩壊が散発的に発生していることがわかった。小規模噴火の発生については、現在活発な活動を示す火口以外も対象として、調査・評価する必要があることが改めて示唆された（東北大学〔課題番号：THK_11〕）。

4. 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か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、データの収集が難しく、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。

2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進めた。本総合研究で実施すべき研究項目を以下の5つに整理した。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。2)～4)については関連する研究課題の成果が少しずつ現れているが、1)に関しては、関連する研究課題のうち社会学的、情報学的な課題の取り込みが不十分であり、次年度以降の課題である。また、5)に関しては現状は未実施であり、次年度以降に実施予定である。

成果リスト

特になし

総合研究グループ「高リスク小規模噴火」関連各分野の連携図

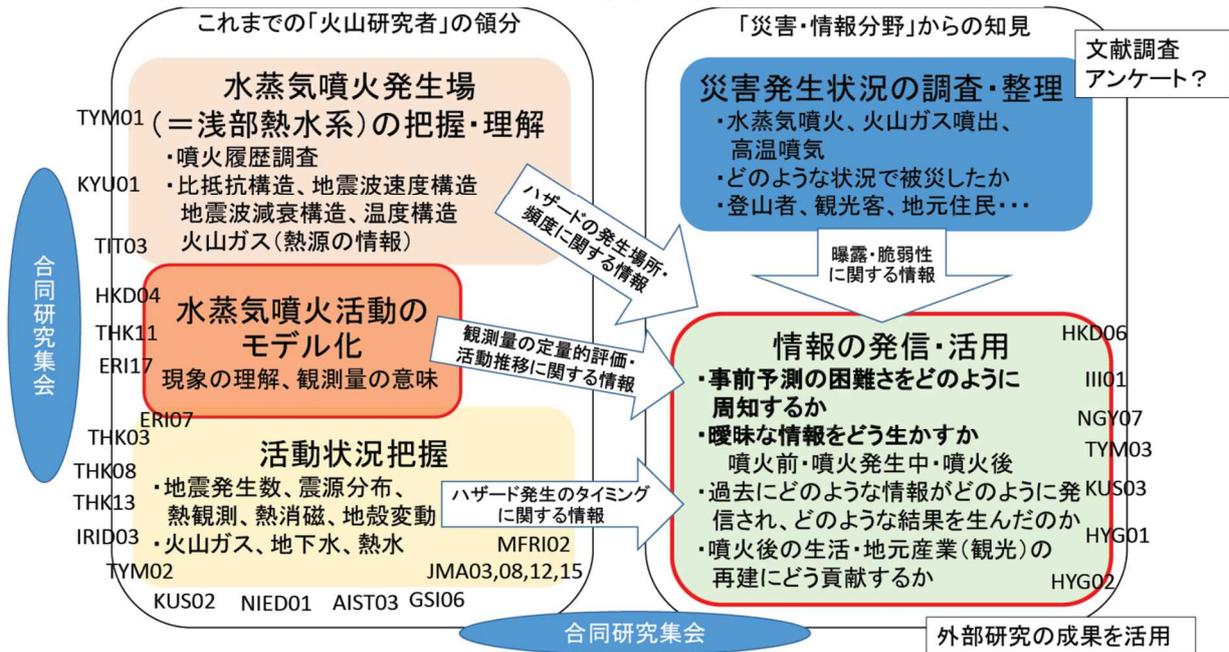


図1. 本総合研究グループと他課題の連携図。関連する課題番号も示す。従来型の火山研究課題は、現象の解明や予測のための研究が多く、図の左側の枠に入る。図の右上に示される災害・情報分野に関する研究課題は無いいため、外部からの知見をどのように取り込むかが課題である。右下は、災害軽減に関連する情報をどのように発信すべきかという、本総合研究で最も重要な内容が含まれている。この内容に向けて、建議の研究における各課題の成果をどのように統合していくかを検討することが、本総合研究の主目的となる。