

日本火山学会 2010 年秋季大会(京都)
公開シンポジウム講演予稿集

火山防災シンポジウム

—活火山の監視観測体制と火山情報のあり方を考える—

主催：日本火山学会

共催：京都大学防災研究所附属火山活動研究センター

日時：平成 22 年 10 月 8 日(金) 13:30—17:00

会場：京都大学宇治おうばくプラザ セミナー室

第一部「活火山の監視観測と火山防災の取り組み —最近の事例紹介—」

石原和弘(京都大学防災研究所):火山観測データの火山防災への活用

—関係機関の連携と認識の共有、住民への活動情報の提供— ……1

清水 洋(九州大学):

大学の火山観測研究の基盤整備に対する最近の取り組みについて

……5

斎藤 誠(気象庁地震火山部火山課): 気象庁における火山観測・監視体制

……8

安養寺信夫((財)砂防・地すべり技術センター):

火山噴火緊急減災対策砂防計画が火山防災に果たす役割 ……12

第二部「活火山の監視観測と噴火警報 —いかに火山災害の軽減に役立てるか」

パネリスト:清水洋,石原和弘,斎藤誠,安養寺信夫,荒牧重雄,藤井敏嗣,鶴川元雄

パネルディスカッション 議論のポイント

……16

(敬称略)

特定非営利活動法人 日本火山学会

京都大学防災研究所附属火山活動研究センター

プログラム

13:30-15:00

第一部「活火山の監視観測と火山防災の取り組み ―最近の事例紹介―」

座長:中村 洋一(宇都宮大学)・藤田 英輔(防災科研)

- (1) 火山観測データの火山防災への活用
―関係機関の連携と認識の共有、住民への活動情報の提供―
石原和弘(京都大学防災研究所) … 20分
- (2) 大学の火山観測研究の基盤整備に対する最近の取り組みについて
清水 洋(九州大学) … 20分
- (3) 気象庁における火山観測・監視体制
斎藤 誠(気象庁地震火山部火山課) … 20分
- (4) 火山噴火緊急減災対策砂防計画が火山防災に果たす役割
安養寺信夫((財)砂防・地すべり技術センター) … 20分

休憩 10分

15:10-17:00

第二部「活火山の監視観測と噴火警報 ―いかに火山災害の軽減に役立てるか―」

- パネリスト: 清水洋(九州大学)
石原和弘(京都大学防災研究所)
斎藤 誠(気象庁地震火山部火山課)
安養寺信夫((財)砂防・地すべり技術センター)
荒牧重雄(東京大学名誉教授)
藤井敏嗣(東京大学名誉教授・環境防災総合政策研究機構)
鶴川元雄(防災科学技術研究所)
- 座長: 藤田英輔(防災科学技術研究所)・中村洋一(宇都宮大学)

火山防災シンポジウム—活火山の監視観測体制と火山情報のあり方

京都大学防災研究所 石原和弘

日本火山学会 火山防災委員会 荒牧重雄・中村洋一・藤田英輔

気象庁は2007年12月から火山現象について噴火警報及び噴火予報の発表を開始し、2009年度には全国47の活火山について火山の監視観測体制の強化整備にも着手しました。一方、2009年秋から桜島火山の噴火活動が活発化し、自治体や関係機関などによる火山災害を軽減する取り組みも開始されました。近い将来、桜島、浅間山や富士山等では、地域社会だけではなく、噴煙による航空機の被災等、日本全国に深刻な影響を及ぼすような噴火が発生する可能性もあります。

今回のシンポジウムは、第一部で最近の火山観測の整備や火山災害軽減の取り組みの事例についての紹介、第二部で活火山の監視観測体制と火山情報のあり方を第一部を踏まえつつパネルディスカッションなどによって考えます。

火山観測データの火山防災への活用
—関係機関の連携と認識の共有、住民への活動情報の提供—

石原和弘（京都大学防災研究所）

気象庁は2007年12月から火山現象について噴火警報及び噴火予報の発表を開始し、2009年度には全国47の活火山について火山の監視観測体制の強化整備にも着手した。また、大学等の観測データの流通・利用と併せて、気象庁は、火山に関する多種多様な観測データを取得することになる。他方、火山に隣接する測候所が廃止された状況のなかで、気象庁等が火山を抱える自治体や住民にとってわかりやすく、実際の避難・規制等の指針となる火山に関する的確な情報が提供できるかどうか、また、自治体や住民がそれらの情報を正しく受け取れるかが、火山観測を火山防災に生かす上での今後の課題であろう。特に、災害に対応した規制等の権限と責務を負う一方、火山専門家のいない市町村長が、火山に関する情報を火山防災に関わる種々の具体的対応に役立てることができるような仕組みや工夫が重要であろう。

鹿児島県は桜島を始め多くの活動的離島火山を抱えていて、火山災害対策について種々の取り組みを行ってきた。桜島を中心に、火山に関するデータ・情報を防災行政や住民の日常生活に役立てるための鹿児島県における最近の取り組みを紹介する。

表1. 鹿児島県の自治体等による火山防災の取り組み

会議・委員会等	事務局等	主な活動
鹿児島県地震火山調査研究協議会（1968年～）	鹿児島県	1966年口永良部島噴火、1968年えびの地震が契機、報告書を発行
桜島地域学術調査協議会（1976年～）	鹿児島県	調査研究報告2巻発行
鹿児島国際火山会議（1988年）	鹿児島県	火山研究者、行政、住民参加の会議
桜島火山災害危険予測調査検討委員会（1992～1993年度）	鹿児島県	火山噴火災害危険区域予測図作成、桜島火山防災マップを公表
霧島山火山災害危険予測調査検討委員会（1995年度）	鹿児島県	火山噴火災害危険区域予測図作成、霧島火山防災マップを公表
鹿児島県離島火山災害対策計画策定検討委員会（1996年度）	鹿児島県	離島4火山の火山防災情報図等を公表、火山災害対策編のひな型を作成
鹿児島県地域防災計画（火山災害対策編）	鹿児島県	1997年3月開催の鹿児島県防災会議で決定
アジア活火山サミット（1998年）	鹿児島市	火山を抱える自治体を中心とした会合。
桜島火山防災検討会（2004年2月～）	大隅河川国道事務所	複数の部会設置。桜島・広域火山防災マップ改訂等

鹿児島県等の取り組み

鹿児島県では離島火山も含め定期的な避難訓練を行うとともに、それらの機会等を利用して大学や気象台職員による講演・解説が実施されてきた。行政と研究者等が行ってきた火山の調査研究、火山に関する啓もう活動や火山防災に係る活動を表1に示す。また、桜島の火山防災に関与する機関の関係を図1に示した。

それらのうち、最近の主な取り組みは以下の2つである。

噴火（爆発）災害対策連絡会議

1997年3月に制定された鹿児島県地域防災計画火山対策編により各火山の緊急時の市町村長への助言・勧告する組織として設置されることとなった。構成員は、県、関係

市町村、警察、気象台、第10管区海上保安本部、自衛隊等に加え、大学が入っている。観測データを元に火山活動の現状と見通しに関する認識を関係者が共有する場として機能している。火山活動に異変等があった場合には、気象台や大学の職員が防災ヘリコプター等に同乗し調査し、その結果に基づき県や関係自治体に助言を行ってきた(桜島、開聞岳、離島火山)。

桜島火山防災検討会

1990年代半ばから桜島の噴火活動が低下する一方、始良カルデラの地盤の隆起が続き、2003年頃から始良カルデラ内でも地震活動が高まり、活動の再開・激化が懸念される状況の中で、2004年3月に鹿児島県、周辺自治体、大隅河川国道事務所、気象台、砂防・火山の専門家等を構成員として設置され、噴火シナリオ、ハザードマップ、危機管理等の検討が継続的になされてきた。また、国土交通省による桜島の砂防事業の安全確保を主目的とした観測坑道への機器の設置、データの流通等の検討もなされた。2008年からは昭和火口噴火に対応した緊急減災砂防計画の検討も開始された。

火山監視機関と防災関係機関等の連携

2006年6月4日の桜島昭和火口の噴火開始が契機となって、同年6月14日に桜島爆発災害対策連絡会議が開催され、立ち入り禁止区域の改定等がなされた。桜島火山防災検討会の関係者は、2004年からの諸問題の検討を通して、桜島の過去と現在、今後の予想される活動に関して、認識を共有していたので、規制等の見直しを迅速に行うことができた。特に、活動評価と規制に密接に関係する鹿児島県、鹿児島市、鹿児島地方気象台、大隅河川国道事務所及び京都大学の5者による火山学的評価、住民生活や観光等への影響、規制実行に当たっての問題点等の具体的な検討が事前になされていたので、短時間で対応方針を定めることができた。5者会議は桜島火山防災委員会として、定期的に会合を持ち、以後の火山活動等に関する情報交換の場として、桜島火山防災検討委員会とともに、桜島の火山防災の要として機能している。

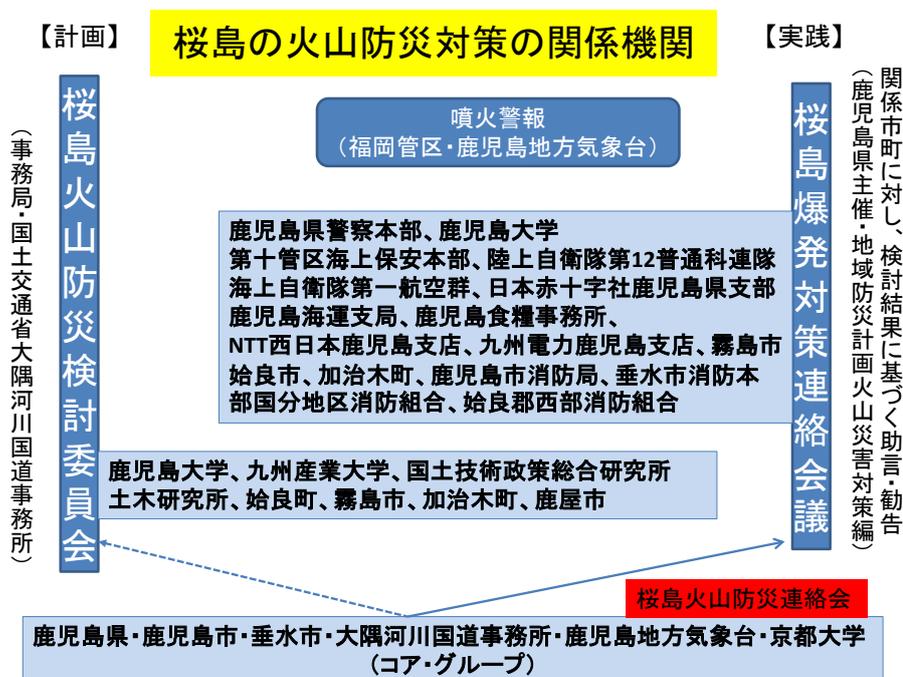


図1. 桜島の火山噴火災害予防と緊急時の規制等に関係する委員会等の構成

火山活動に関する知識、データや用語は、専門家以外には理解が難しい場合が多く、行政関係者は「噴火するかしないか」といった明確で直接的な答えを期待する。他方、気象庁や火山専門家は明確な予測を示すことは困難である。そのギャップを埋める何らかの取り組みを事前に行う仕組みや工夫が、それぞれの火山で必要であろう。鹿児島県では突発的な噴火の発生する恐れのある他の火山についても、同種の連絡会議を事前に立ち上げる準備がなされている。

火山に関する情報の住民への伝達

2009 年秋以降桜島昭和火口の噴火活動は急速に高まり、連日のように爆発を繰り返し、降灰量も月 50~100 万トンのペースで活動が継続している。災害を惹起するには至っていないが、土石流も頻発している。鹿児島市等は市民に降灰袋を配布するとともに、毎日のように降灰除去作業がなされている。火山灰の継続的な放出は、溶岩流出以上に、鹿児島県や宮崎県の一部の住民にとっては日常生活及び経済活動にとって厄介な問題である。自分の住まいする地域に降灰があるかないかは、天気予報と同等、あるいはそれ以上の関心事となる。

このような状況の中で、2010 年に入って報道機関等は火山防災フォーラム等の開催に加えて火山活動の状況を直接住民に伝える取り組みを始めた。1980 年代から始めていた桜島上空の風況予測（降灰情報）に加えて、2010 年 4 月末からは、鹿児島地方気象台からの噴火情報に基づき、地震情報と同様に準リアルタイムで地デジおよびインターネットで住民に伝えるサービスを NHK が開始した。また、報道機関に加えて、大隅河川国道事務所や京都大学も桜島の状況をライブカメラでの提供を行っている。これらの情報は周辺住民や鹿児島空港の航空機管制にも利用されている。2010 年 3 月に大隅河川国道事務所が昭和火口の正面の黒神中学校で開催した火山防災チャレンジでは、住民からライブカメラがあってもインターネット環境が悪く見ることができない等の苦情が寄せられたが、それにいくらか応えるサービスといえる。

火山活動データを火山防災や火山周辺の住民の日常生活に活かすには、報道機関等の協力も得て、即時的に市民・住民に火山活動の状況を伝える工夫も重要であろう。

桜島の火山観測体制と情報・データの共有

桜島については、気象庁、大学、国土交通省、国土地理院、海上保安庁及び鹿児島県が、表 2 に示すように、火山体内部に起因する地震、地殻変動等の観測にくわえて、降灰等噴火活動や地形変化、土石流等の調査観測を実施している。

桜島を含め活発な火山を抱える鹿児島県等は、従来から桜島や離島火山の避難訓練に加え、気象台、研究者や国の出先機関と連携して、様々な火山観測に対する支援も積極的に取り組んできた。例えば、鹿児島県地震火山調査研究協議会設置等に対応して、鹿児島県は 1970 年頃に口永良部島に地震計を設置し、大学の協力をえて維持管理を行うとともに、記録の解析・分析と評価を鹿児島大学や京都大学が分担した。また、鹿児島県は、降灰対策の基礎資料収集を目的に、鹿児島県内約 60 か所での降灰量調査を 1978 年度に開始し、火山の調査研究資料として関係者に提供してきた。

近年は桜島、霧島、開聞岳や離島火山に異変が生じた際には、鹿児島県は気象庁や大学の火山活動の調査や研究に防災ヘリコプター等を提供してきた。また、海上保安庁や国土交通省、自衛隊の航空機も必要に応じて、気象台や研究者を同乗させて調査を行ってきた。2000 年 12 月の開聞岳の噴気異変、諏訪之瀬島の噴火活動の活発化については航空機等を用いた緊急調査の結果が直ちに自治体による規制及び規制緩和・解除に役だてられた。

調査観測資料・データの流通・共有の取り組みも様々行われている。1986 年からの

京都大学の観測坑道の傾斜・歪データと山頂噴火直前予知システムは、鹿児島地方気象台、日本航空及び大隅河川国道事務所へ提供され、砂防工事の安全確保を目的に数年前に国土交通省が設置した有村観測坑道の傾斜・歪データは気象台等へ提供され、火山活動の監視と火山情報に役だてられている。また、その施設内には気象庁の地震計や大学研究者の観測研究機器も設置されている。

大学が法人化され恒常的な火山観測の継続が困難になり、国の経済・財政事情が悪化している現在は、大学、気象台といった火山活動の監視や研究を目的とする機関等の単独の火山観測では行政、国民が必要とする火山防災に関する情報を提供することは困難である。自治体を含め、各々の部署がそれぞれの目的に沿って実施している調査観測及び航空機等を、火山災害の予防、国民の安全確保という視点に立って相互に有効利用し、それらの観測調査の意義と効果を示して、国、国民及び住民に火山観測の重要性・必要性の理解してもらうことが重要であると考え。特に、大規模噴火が実際に始まった時には、そのような取り組みは、迅速火山に活動火山を評価して的確な防災対策をとるうえで不可欠であろう。

表2 桜島の火山観測調査体制

大学等	地震・空振、噴火映像、傾斜・歪、GPS・水準測量等、重力、火山ガス、噴出物・付着揮発性成分、構造探査等
気象庁	地震・空振、噴火映像、傾斜・歪、GPS等
国土交通省（砂防）	降灰、土石流、地形変化等調査、有村観測坑道（傾斜・歪観測）
国土地理院	GPS連続観測等
海上保安庁	航空機・船舶による火山活動調査
鹿児島県	降灰調査（1978年6月～）

大学の火山観測研究の基盤整備に対する最近の取り組みについて

清水 洋（九州大学地震火山観測研究センター）

1. はじめに

大学の火山観測体制は、これまで主に火山噴火予知計画に基づいて整備が進められてきた。特に、第3次火山噴火予知計画以降は、観測井や観測坑道を用いた地震・地殻変動観測データの高品位化により、火山観測研究の高度化を図ってきた。このことは、火山噴火予知研究を大きく進展させるとともに、高品位データの気象庁への分岐や観測資料の火山噴火予知連絡会への提出により、気象庁の火山監視と火山活動評価に貢献してきた。

しかしながら、国立大学の法人化等に伴い、年々財政事情が厳しくなり、観測点等の維持管理が困難となりつつある。大学の火山観測体制の弱体化は、わが国の火山噴火予知体制の弱体化につながることから、第7次火山噴火予知計画のレビュー（平成19年1月）において「観測やそれを取り巻く火山噴火予知体制の組織的・抜本的見直しが不可欠である。」との指摘がなされ、これを受けて今計画の建議（平成20年7月）では、「火山噴火予知研究を効果的に進めるための体制に関しては、計画の方針・総予算・実行内容を統括する地震本部と同等程度の機能を有する組織を設けることを検討すべきである。そのためには、まず、火山噴火予知連絡会において、基盤的観測網整備も含めた今後の観測体制やデータ流通体制及び研究体制の在り方について検討を始めることが適切である。」との提言がなされた。

このような状況を踏まえ、平成20年2月に火山噴火予知連絡会の下に「火山観測体制等に関する検討会」が設置され、火山観測体制のあり方や、国として必要となる観測網、観測データの流通及び共有化体制のあり方が検討されてきた。また、科学技術・学術審議会・測地学分科会火山部会においても、今後の大学等における火山観測研究の当面の進め方について審議され、その結果は上記検討会での議論に反映された。以下では、これらの検討に基づいた火山観測研究の基盤整備の方向性について紹介し、今後の課題を述べる。

2. 大学等の火山観測研究の基盤整備

平成21年度の補正予算により、気象庁は47火山を対象に観測施設の整備を行った。この整備では、ボアホール内に地震計と傾斜計、地表に空振計とGPSの設置を基本としており、大学等の観測井のデータと同等の高品位データが得られるものと期待される。したがって、これらの新観測点は、監視と研究の双方の高度化を支える「基盤的観測点」とみなせるものである。今回の気象庁による基盤的観測網の整備を踏まえ、今後、大学は、学術的に重要と考えられる火山についての観測研究に重点化しつつ、さらに独立行政法人等の研究機関が開発する新技術や新たに整備される観測データを利用することにより、今後の観測研究体制を強化していく。観測研究の重点化については、当面は以下の方針で進めることとしている（以下、「今後の大学等における火山観測研究の当面の進め方について」からの抜粋）。

=====

今後、大学においては、活動度が高い火山や、現時点では活動度が低いものの潜在的爆発活力が高いなど、研究的価値の大きい火山を重点的な研究対象とし、その上で特定の機関が支援することとする。

（1）大学の観測施設等の老朽化が進んでおり、このままでは観測研究に支障が出るおそれが高く、緊急に支援すべき必要がある火山。

（案 阿蘇山、霧島山）

→早急に観測施設等の更新計画を作成し、防災科学技術研究所等の支援による観測施設の整備を検討する。

（2）現状においては、大学単独では観測施設の維持管理が困難で、支援を受けて観測を継続すべきもの。

（案 樽前山、有珠山、北海道駒ヶ岳、草津白根山、浅間山、口永良部島）

→防災科学技術研究所等が大学と連携して、地震観測網の整備と合わせ、効率的に観測研究のための観測網の整備を図ることを検討する。

今後、具体的な観測施設等の整備計画を作成し、防災科学技術研究所等の支援により計画的に整備を行う。

(3) 大学や研究機関による観測施設が比較的整備されており、当面は大学の研究資源を集中させることにより、その維持管理が可能であるが、将来的には支援を検討すべきもの。

(案 岩手山、富士山、伊豆大島、三宅島、雲仙岳、桜島)

→当面は、大学の観測施設については、大学において維持管理に努め、将来的には観測研究の高度化を図るための支援策を検討する。

(4) 地理的条件等が厳しく、観測網の維持管理が困難と思われる火山。

(案 十勝岳、諏訪之瀬島)

→大学の観測施設については、大学において維持管理を進めつつ、将来に向けて関係機関において支援策を検討する。

なお、防災科学技術研究所は、現在、連続観測の対象としている富士山、三宅島、伊豆大島、那須岳及び硫黄島についての研究を強化しつつ、観測施設の着実な維持管理を行う。

=====

このような考え方にしたがって、防災科学技術研究所は平成 21 年度に 5 火山について基盤的観測点を整備した (図 1)。



図 1. 大学等が観測研究の重点化を行う 16 火山と、
防災科学技術研究所による基盤的観測点整備の現状
() 内は防災科研で H21 年度までに整備した観測点数

3. 火山観測データの流通

中央防災会議で火山情報が防災対策の起点として明確に位置づけられ、平成20年3月には「火山情報等に対応した火山防災対策検討会」により「噴火時等の避難に係る火山防災体制の指針」が取りまとめられるなど、より高度で正確な火山情報の発信がますます重要になっている。火山情報を高精度化するためには、火山観測データを流通させて火山噴火予知研究を高度化するとともに、関係機関で火山観測データを共有して監視観測体制をいっそう強化する必要がある。

このため、「火山観測体制に関する検討会」などにおいて、火山観測データの流通・共有についても検討が進められており、まずは気象庁による火山監視強化を主目的としたデータ流通・交換を関係機関（気象庁、防災科学技術研究所、大学）で行う準備を進めている。このデータ流通・交換では、効率的かつ速やかな実現をはかるため、地震調査研究における地震データの流通に利用されているシステムと流通経路を利用することを基本とする。

さらに、火山研究者の育成や研究の活性化を促進して火山噴火予知研究の高度化を実現するため、火山観測機関以外の研究者や学生も観測データを利用できるようなデータ流通・公開の方法やルールについても検討を始めている。

4. 今後の課題

今回、気象庁と防災科学技術研究所によって火山の基盤的観測網が不十分ながらも整備されたことは火山噴火予知研究と監視の高度化を促進するものとして評価される。しかし、これらの観測点の観測項目は、気象庁が地震、傾斜、空振、GPS、防災科学技術研究所も地震、広帯域地震、傾斜、GPSであり、いずれも力学的な観測に留まっている。現時点では、経費や技術的な問題もあり、基盤観測としては妥当な観測項目であろうと思われるが、将来的には電磁気や熱、火山ガスなどの観測項目も含め、火山の基盤的観測として在るべき観測項目は何か、それらの観測を実現するにはどのような観測システムが良いか、それらのデータ流通と共有はどのように行うべきか、などについて検討しておく必要があるだろう。

一方、今後、大学の火山観測研究は「選択と集中」が進んでいくものと思われる。しかし、重点化の対象となった16火山でも基盤整備の速度はきわめて遅く、今後も厳しい状況が続くことが予想される。まして、重点化以外の火山については観測研究の存続も困難になると危惧される。このような状況が続き「選択と集中」が過度に進むと、火山噴火の推移予測にとって重要な「活動の多様性」の理解とその支配要因の解明に支障をきたす可能性がある。また、今回気象庁が観測点を整備した47火山においても、そのほとんどの火山で新設点は1点であり、監視観測のためにも今後も大学の観測点が必要であるケースは少なくないと考えられる。このような点を踏まえ、火山防災対応に支障が出ないよう重点化以外の火山観測点についても、気象庁や自治体等の支援策を検討しておくことが必要である。

大学と気象庁・防災科学技術研究所間のデータ流通については、地震調査研究の流通網（JGN2 及び TDX）を利用するが、現在の各機関の通信インフラ等の違いから、同じ条件で流通を行えない大学がある。当面は、気象庁とのデータ交換に利用している回線（火山 Earth LAN 等）等を利用して可能な範囲で流通を進めるが、今後、すべての大学が同等の条件で観測データの流通が可能となるよう、効果的な流通手段について検討する必要がある。

気象庁における火山観測・監視体制

気象庁地震火山部火山課 斎藤 誠

1. はじめに

気象庁では、火山災害の防止・軽減のため、大学等関係機関との連携のもと全国の活火山について活動状況を監視し、活動状況の変化に応じて、噴火警報・予報等を発表している。また、気象庁が発表する噴火警報等が防災対応により有効に活用されるよう、地方自治体等との調整のもと「噴火警戒レベル」の導入を進めている。

さらに、気象庁が事務局を担当している火山噴火予知連絡会においては、火山活動の総合的な評価を行い、その結果は噴火警報等の防災情報の発表に活用している。

2. 平成 21 年度補正予算による火山観測施設の整備

気象庁は全国 108 の活火山のうち無人島や海底などにある火山を除く 81 火山を対象として火山観測を行っている。このうち活動が活発で連続監視が必要な火山については、気象庁本庁及び札幌・仙台・福岡の管区気象台に設置した「火山監視・情報センター」において、関係機関の協力も得ながら、地震計、空振計、遠望カメラ、傾斜計・GPS などにより 24 時間監視している。

平成 21 年度から 22 年度にかけては、火山噴火予知連絡会の火山活動評価検討会において、中長期的な観点から監視・観測体制の充実が必要であるとされた 47 火山への観測施設の整備を進めている。

今回の整備は、基本的に 100m 程度のボアホールを掘削し、地下に地震計と傾斜計、地上部に空振計と GPS を整備、その他に遠望カメラが未整備の火山に遠望カメラを整備、活動が活発で必要な火山に火口カメラを整備するというものである。

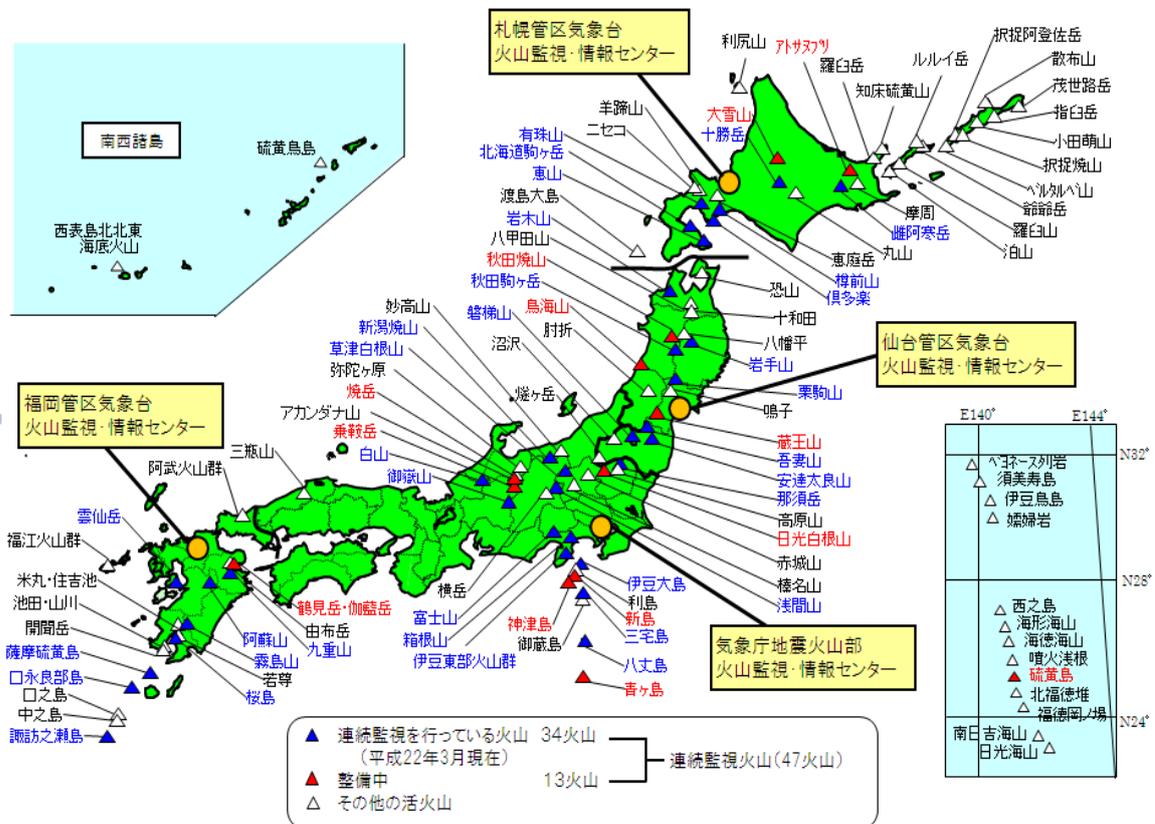


図1 火山活動監視センターと連続監視火山

地震計・傾斜計等は、近い将来に避難等の防災対策が必要となるような噴火の発生が予想される十勝岳・伊豆大島・桜島については各3点、それらを除いては、各火山1点の整備であり、火山活動の監視の観点から、山体のできるだけ近くへ整備することを目標としつつ、ボーリング工事や電力・通信の制約も踏まえて設置場所を検討した。

また、観測施設の具体的な設置場所等の検討に当たっては、観測データの相互交換や今後のデータ流通・共有の推進も視野に入れて、大学や防災科学技術研究所等の観測施設の配置を考慮して行った。また、可能な限り大学等の観測研究機関との事前の打ち合わせも行った。

一部の火山については、地質的な制約等からボーリングを行わず、地上型の実施計を設置（傾斜計は設置しない）、また、GPS、空振計、遠望カメラについては、既存の観測施設を考慮して整備の要否の判断をしたり、地震計等の設置場所以外に整備することとした。

さらに、今回の整備に合わせて、データ収集に利用する回線についても従来のアナログ回線からデジタル回線への切り替え、可能な限りのIP化を図り、後述のVOISの更新整備に伴うデータ収集の地域冗長性の確保と経費節減を図った。

なお、ボアホール型観測施設を整備する際には、ボーリングコアを採取し、採取したコア試料は火山噴火予知連絡会にコア解析グループを設置して一次記載を行うなど、火山噴火史の解明等にも資するように努めた。

3. 火山監視・情報センターシステムの高度化

気象庁では、火山観測施設の整備とあわせて、平成21年から22年度において、観測データを処理し、噴火警報等を発表するための火山監視・情報センターシステム（VOIS）の更新を行った。従来のVOISは、札幌、仙台、東京及び福岡の火山監視・情報センターにそれぞれ整備され、担当地域の活火山を監視し、情報を発表するというものであったが、今回更新したVOISは、通信インフラ等の進歩を踏まえ、また、災害や障害発生等における業務継続を確保するため、東京と福岡にシステムを整備し（二重化）、各センターの端

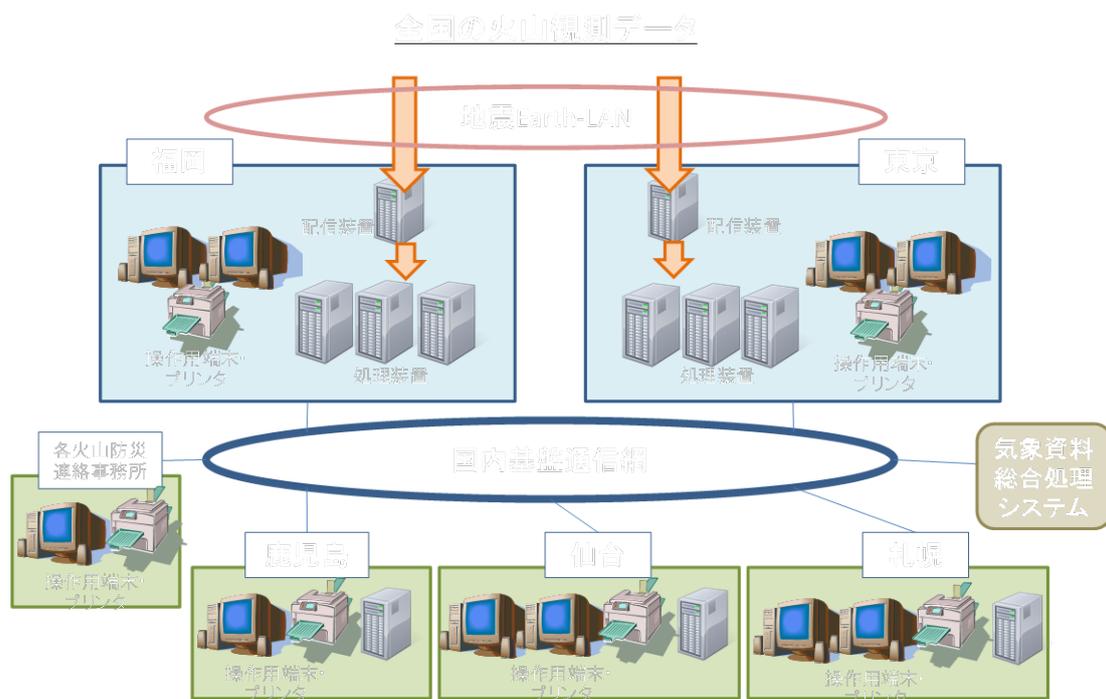


図2 気象庁の火山監視システム構成イメージ

末でどちらのシステムにもアクセスし、処理ができるようにした。すなわち、4つのセンターがすべて同じデータを見ることができるようにしたということである。これによって、一方のシステムに障害が発生した場合でも、もう一方のシステムを利用して噴火警報等の発表が可能となり、また、あるセンターが地震等による被災で業務の実施が困難になった場合でも、他のセンターがバックアップできるようになった。

火山活動が活発化した場合等には、他のセンターが監視や検測等の応援を行うことも技術的には可能となった。もちろん、バックアップするためには、普段からの習熟や訓練が必要であり、今後の課題である。

4. 火山観測データの交換

火山活動の監視に当たっては、従来から大学、防災科学技術研究所、地方自治体等関係機関の協力のもと、観測データの分岐提供を受けたり、データ交換を行うなどして、関係機関の観測データの利用も行ってきた。

現在、火山噴火予知連絡会の観測体制等に関する検討会の報告を踏まえて、地震調査研究のための地震観測データの流通に利用しているシステムを利用して、まずは、気象庁における火山監視強化のための観測データの流通・交換を行うための準備を進めているところである。また、防災科学技術研究所と気象庁間では、原則としてすべての火山観測データを交換するとともに、交換した観測データは火山噴火予知を研究する大学等の機関に流通・提供するための準備を進めている。

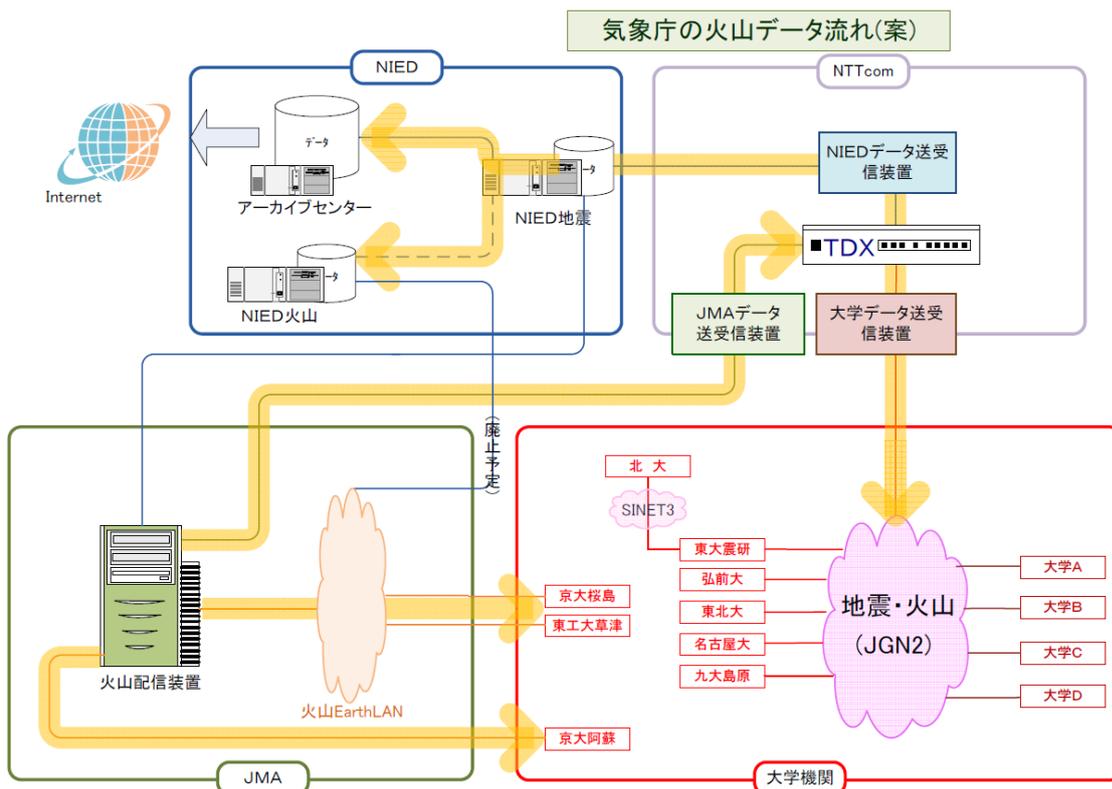


図3 火山観測データの流通ルート案（気象庁のデータの流れの例）
太線が今後の流通ルート、細い実線は現在の利用しているルート（回線）
点線は昨年秋の時点では整備されていなかったルート（回線）

5. おわりに

気象庁では、火山活動が活発で監視が必要な火山について、自ら観測施設を整備するとともに、大学等研究機関や自治体等から提供を受けた観測データを加えて、24時間体制で火山活動の監視を行ってきた。気象庁が整備した観測装置は、従来は、地上設置型のものがほとんどであったが、昨年度から本年度にかけてボアホール型の地震計・傾斜計の整備を進めている。気象庁の火山業務にとっては画期的な整備であり、今後の火山活動監視にあたって、より早期の異常検知や評価精度の向上も期待される。また、関係機関間のデータ流通・共有の推進により、一層の観測・監視体制の充実も期待される。

また、火山活動の評価・解析にあたっては、気象研究所で開発した火山用地殻活動解析支援ソフトウェア（MaGCAP-V）を導入するなど、より物理モデルに則った評価を行えるよう、各火山監視・情報センター等で取り組んでいるところである。

気象庁では、今後とも、よりの確に噴火警報等の火山防災情報の発表ができるよう、火山観測施設の整備・維持管理や、火山活動の監視・評価の充実等に努めていくこととしている。

火山噴火緊急減災対策砂防計画が火山防災に果たす役割

安養寺 信夫（財）砂防・地すべり技術センター

1. はじめに

平成19年4月に国土交通省砂防部が公表した「火山噴火緊急減災対策砂防計画ガイドライン」に沿って全国の主要な活火山において緊急減災対策砂防計画（以下、緊急減災砂防計画）が進められている。平成21年度までに、浅間山をはじめとする7活火山における緊急減災計画がとりまとめられつつある。

緊急減災砂防計画は次のような観点で策定されている。

- ・ 火山砂防計画は、火山ごとの噴火・土砂移動特性をもとに、想定可能な災害発生現象を対象としてハード・ソフト両面の砂防による対策計画が策定される。しかし、他の砂防計画と比べて大量の土砂の整備が必要で、対策の実施には長い整備期間と多額の事業費を必要とする。
- ・ また、噴火活動の開始状況は火山ごとに特徴をもち、ごく一部の火山を除いて噴火発生を予測することは困難である。
- ・ いったん噴火活動が開始してから噴火状況に合わせた対応策を検討していたのでは、次々と起こる火砕流や溶岩流などの噴火現象あるいは土石流や泥流などの土砂移動現象に対処することが間に合わない場面が想定される。
- ・ そこで、火山ごとの噴火・土砂移動特性を調べて、様々な場面の变化にできるだけ対応可能な応急的・緊急的対策の進め方を「あらかじめ」検討することによって、切迫期対応の実行性を高めることが期待される。

以上のように緊急減災砂防計画は火山噴火時の危機管理計画としての性格をもっているが、緊急時に適切な対応を実施するための平常時からの準備が重要である。

本論では火山学との関わりを念頭に、緊急減災砂防計画検討上の留意点を述べる（表1）。

2. 噴火シナリオと土砂移動シナリオ

緊急減災砂防計画を考える上で基本となる概念が、「噴火シナリオ」である。噴火シナリオは緊急減災計画の検討対象となる活火山の噴火特性を調査し、とくに噴火活動の推移に着目して時系列で整理しておくものである。噴火活動推移はマグマの地表出現などの変換点で分岐し、新たな局面に移行する。その分岐の組合せであるシナリ

オケースは多岐にわたる。火山学的解釈が科学的根拠に支えられていることが望ましいが、火山地質調査データは必ずしも充分でないので、多くの活火山では類似火山を参照して噴火シナリオが作成されている。また、噴火とほぼ同時あるいはその後の降雨等によって火山泥流、土石流などの土砂移動現象が生じる。土砂移動もシナリオが考えられ、噴火発生季節（梅雨期や積雪期）によって条件が異なる。

噴火シナリオで想定されたケースの噴火活動は、対象火山の噴火実績や類似火山から推定されたものであり、必ずしも次期噴火を予測したものではないというを理解し、緊急減災計画で想定したシナリオやシナリオケースは緊急減災砂防計画における一連のプロセスを考える上で想定可能な一例と位置づける。

3. 緊急対策ドリル

噴火の切迫期あるいは噴火直後に土砂災害が予想されるとき、被害の拡大を防ぐために応急・緊急対策が実施される。その実施手順は噴火活動や土石流などの土砂移動実態に合わせて考えることが求められる。緊急減災計画では、選定したシナリオケースの推移に合わせて実際の対応行動の方法と順序を「緊急対策ドリル」として検討している。それは、緊急砂防施設の設置などを実行する緊急ハード対策と、土石流発生検知機器の緊急配備などを実行する緊急ソフト対策で構成され、対策を検討するシナリオケースをもとに検討している（図1）。

(1) ハード対策ドリル

ハード対策ドリルを検討する上で重要なのは、対策可能な現象と規模の設定、対策開始のタイミングと対策可能期間の設定である。具体的な対策内容（砂防施設の工種、工法）を決めるためにも時間的制約が最大のファクターになる。同規模の土砂移動現象に対して、施工期間が長くなると、その施設の効果は増大するので、減災効果が高まることになる。

これらの緊急減災行動は噴火シナリオケースで想定された時系列に準じている。その意味で複数の噴火シナリオケースから最適なケースを抽出する際に、噴火確率を用いて客観的に説明できることが望まれる。

実際の噴火時には、変化する火山活動状況と今後の見通しについての情報が必要になる。噴火の前兆現象を捉

えて緊急ハード対策を開始できる場面は限られていると考えられるので、現実的には噴火活動の局面から判断を迫られると考えられる。

(2) ソフト対策ドリル

砂防部局が実施するソフト対策は、主として土砂移動現象の監視・観測に基づく情報提供である。これらの情報は砂防工事現場における作業員の安全対策や、市町村の警戒避難対策の支援に活用される。

ここでは火山活動情報や緊急調査結果に基づいて、その時点における前提条件を設定して実行されるリアルタイムハザードマップが有効であると考えられる。防災対応の判断材料としてのリアルタイムハザードマップは、その用途に応じた精度が求められる。避難対策の判断材料としては、地区単位程度の空間精度があれば良いが、計算の実行時間はできる限り短い方が望ましい。緊急工事によって重要施設などを守るための導流堤設置場所を決める場合には、空間精度は導流堤の形状が表現可能なスケールが必要である。

噴火活動の精密な観測によって、局面の変化や活動継続期間の見通しなどが事前に提供されることが、この対応の結果を左右すると考えられる。

(3) 火山噴火時の緊急調査

緊急減災砂防の大きな役割として、降灰後の降雨に伴う土石流の予測と対策が挙げられる。降灰深や土石流発生降雨強度などは、火山灰の物性や気象特性によって異なるため、単純に定量的に土石流発生溪流や基準雨量を決めることは難しい。しかし、噴火直後の降灰分布調査に基づいて、対策を講ずべき溪流を絞り込むことは可能である。火山調査による降灰分布は様々な目的をもっているため広域で実施される。大規模噴火時は別として、砂防部局が知りたいのは火山斜面や近傍の山地の降灰深である。現在、航空機などを利用した間接的な火山灰堆積深の調査手法が検討されている。

その他、火山体の地形変化や新規噴出物の物性など、火山学分野と共有できる情報は多い。

(4) 緊急対策ドリルの更新

緊急対策ドリルは、ハード・ソフト両対策ともに実施されなければ意味のないものである。実行力を保持するために計画の適宜見直しも必要である。その場面では単なる机上検討に留まらず、見直し作業を定式化したPDCA サイクルによる計画が有効である(図2)。PDCA サイクルとは、計画(Plan)→実行(Do)→点検・評価(Check)→処置・改善(Act)というながれで管理するシステムのことで、緊急減災対策に適合した手法と考え

られる。

とくにロールプレイ方式防災訓練によって、ドリルの検証が可能であり、より現実的な訓練シナリオを設定するためにも火山分野との連携・協力が必須である。

4. 火山砂防の実施に向けて一役割と限界一

火山砂防事業は噴火に伴う土砂災害の防止・軽減を目的としている。噴火に伴う土砂移動規模は降雨を起因とする場合と比較して、2 オーダー以上大きくなることもあるため、流出土砂を完全にコントロールして居住地の被害を最小限にするためには、大規模な砂防施設を多数設置しなければならない。

砂防施設を建設するためには広い用地が必要であり、広大な火山山麓といえどもこれを確保することは難しい。とくに火山活動が長期間静穏な活火山においては、様々な産業が展開している火山山麓に予防的に砂防施設を建設する必要性を地元で理解してもらうことが難しい場面が多い。そのため、砂防施設の一部(例えば景観的に見づらい基礎部分など)を静穏期に建設しておき、噴火による土砂災害が予想されてから上部を緊急に立ち上げるなどの対応策が考えられている。

また、緊急時に大量の砂防工事資機材を調達することには限界があるため、これらの備蓄機能をもった火山防災ステーション機能の強化も平常時からの準備事項として重要である。砂防事業の実施目的のみならず、火山情報の集約や発信あるいは緊急避難施設など、他所管の事業などと連携して役割分担することで、実行性が高められるかも知れない。

火山砂防事業は、危機管理部局の実施する避難対策や救援対策と役割が異なる。現実的にハード対策には次のような限界があることも認識する必要がある。

- ・ 大規模な噴火に対しては、ハード対策の限界がある。
- ・ 火砕流・火砕サージをコントロールする技術は未だ確立していない。
- ・ 溶岩流対策施設の実施例が少なく、また実際の噴火で検証された事例もないため、定量的な効果算定手法の確立が求められる。
- ・ 噴火前兆の検知から噴火開始までの時間が短い場合には、ハード対策を実施できないこともある。

緊急減災対策砂防を効果的に実施するためには、関係機関との連携はもとより、経験することが乏しい噴火災害のイメージを平時から共有することが望まれる。火山や砂防の専門家が協同して、防災担当者らへ伝えることも重要であると考えられる。

表 1 火山噴火緊急減災対策砂防計画のメニューと火山学との関連

緊急減災砂防	概要	関連する火山学の項目
噴火シナリオ	対象火山で想定される噴火様式，現象，活動期間などを設定する。	火山地質調査・噴火履歴 火山観測，イベントツリー
数値シミュレーション	想定される噴火現象，土砂移動現象の影響範囲と程度を前提条件に基づいて算出する。	火山地質調査 現象観測 →理論的研究
対策検討噴火シナリオケース	緊急減災砂防で対策実施が可能なシナリオケースの抽出。	噴火確率
対策可能な現象・規模	抽出されたシナリオケースで想定される発生現象とその規模から，自然・社会条件を勘案して対応可能な現象と規模を設定する。	噴火予知・予測 (発生現象・規模) 火山活動の長期モニタリング
対策開始タイミング	緊急時の対策開始の判断基準を決める。	
対策可能期間	対策開始から，減災対策(とくにハード対策)の完了までの期間を設定する。	噴火シナリオ 噴火活動の推移予測
火山噴火時の緊急調査	噴火直前から継続期における噴火の影響(例えば降灰分布)を調査して，対策実施個所や工法選定の基礎情報とする。	火山活動観測・機動観測 降灰予測・調査 地形変動調査 etc
対策場所(空間的余裕)の検討	土地利用や災害現象の影響範囲をもとにハード対策実施場所をゾーニング。	噴火活動の推移予測
平常時からの準備事項	緊急減災砂防の効果を保持するため，平常時より進めておく準備作業等の内容と実施手順などを決定する。	噴火履歴 長期的火山活動予測

時間経過 (日表)	平常時	数ヶ月前数日	数時間-1日	噴火発生	噴火後
噴火活動の想定	平常時のマグマ上昇 	平常時のマグマの上昇 ・大湖内へのマグマ上昇 ・大湖貯留増圧 ・熱水噴出 ・高圧力増強，大湖高圧化 ・この期間噴火 	大湖内へのマグマ上昇が加速 	噴火発生(ブルカニ型噴火) 増強増圧 ・大湖内での発生 	噴火増強の緩和
火山監視・観測結果	山根深部の膨張を示す地殻変動(CPS)	・地殻変動(地殻計) ・地殻変動(傾斜計・GPS) ・大湖，有色噴煙(目視，高感度カメラ)	・山頂部膨張を示す地殻変動(傾斜計) ・既設地殻の膨張(地殻計)	・高(低)圧子での膨張(高感度カメラ，レーザー) ・既設地殻(地殻計) ・空想(空想計) ・高感度カメラによる山頂部膨張を示す地殻変動(傾斜計) ・有色噴煙(目視，高感度カメラ) ・多量のSO2放出が観測(DAS) ・大湖内(目視，高感度カメラ)	・地殻変動の回復 ・山頂部膨張停止→急小
土砂移動	平常時の土石流発生	平常時の土石流発生	平常時の土石流発生	・大湖内による膨張型火山泥流発生 降灰，大湖内噴火誘発からの土石流発生	・土石流規模が急縮減 →発生回数は
県・市町村の対応	情報収集	情報収集	情報収集 ・火山地質，レベルに合わせて ・大湖の監視 ・地殻変動の監視・検知	・警戒区域，警戒区域の設定 ・避難所開設，避難 ・緊急の対応	・被害の調査 ・復旧作業
緊急減災砂防計画	降灰対応/噴火対応/緊急減災の組織 ・避難所の緊急避難計画等の計画 ・平常時には，県や市町村への情報 提供	・灌漑，除染の記録・モニ ・緊急対応準備，無人化施工の 計画 ・既設堤防の緊急モニタリング ・既設砂防ダム/除石 ・監視設備の緊急設置 ・県，市町村への情報提供	・リアルタイムマップ(リアルタイム) ・緊急減災対応計画(緊急減災計画) (施工配米度，資材量を考慮して対策選定) ・県，市町村への情報提供	・リアルタイムマップ(緊急減災計画)の更新 ・県，市町村への情報提供	・降灰，大湖内噴火誘発からの 分布に応じて，緊急対応 開設，除石工等 ・県，市町村への情報提供

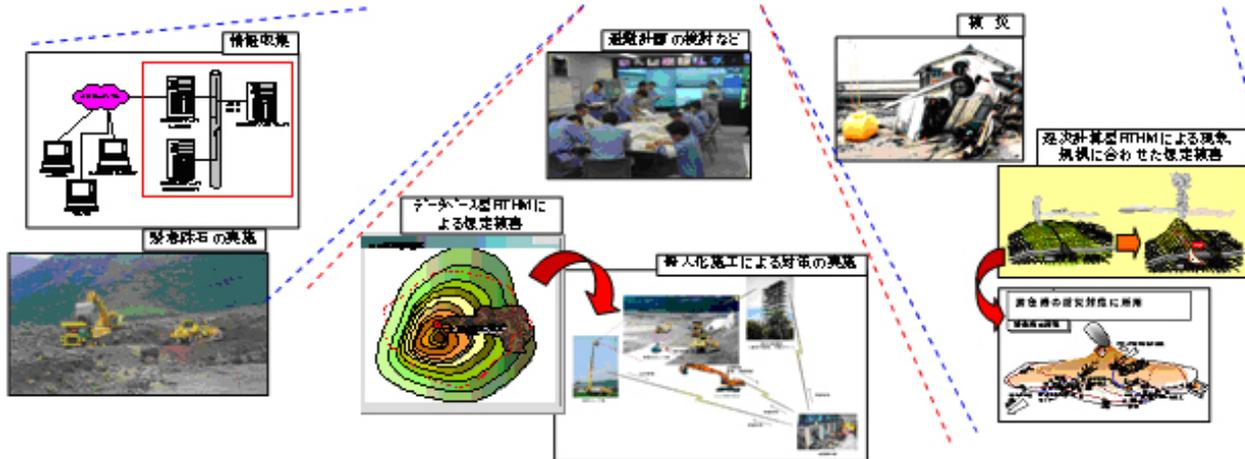


図 1 緊急対策ドリルのイメージ

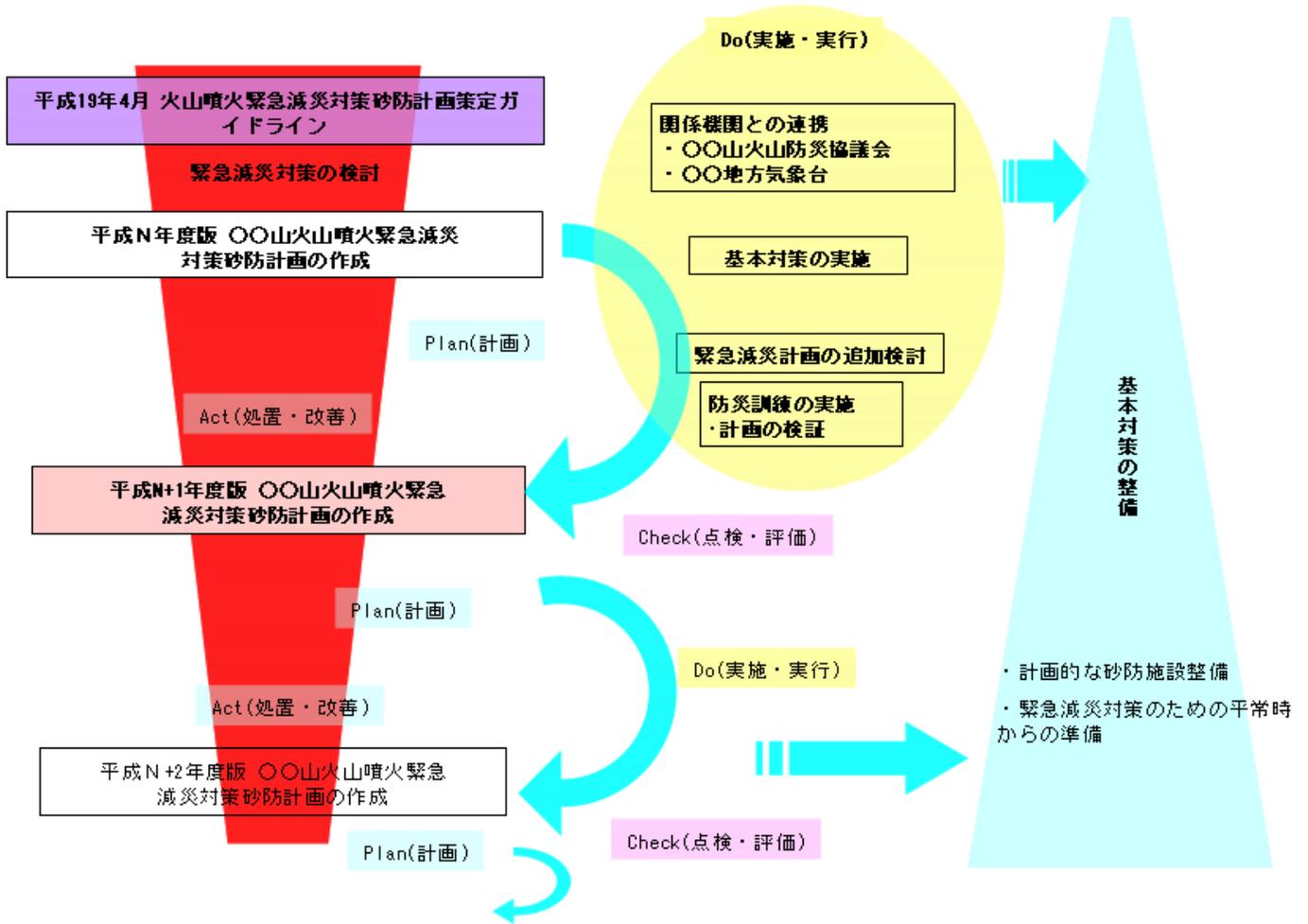


図2 PDCAサイクルに基づく火山噴火緊急減災対策計画の見直し過程

火山防災シンポジウム 第2部

「活火山の監視観測と噴火警報—いかに火山災害の軽減に役立てるか？」

パネルディスカッション 議論のポイント

防災科研 藤田英輔
宇都宮大学 中村洋一

主旨： 近年整備されつつある基盤的火山活動観測網（気象庁・防災科研・大学）や火山噴火緊急減災対策砂防計画や、その中で整備される火山防災ステーション（国交省）などをどのように有機的にリンクさせ、いかに有効で精度の高い火山活動・災害に関する情報（噴火警報・噴火警戒レベルなど）を国民に提供するか？できるか？

我が国ではここ約10年、2004年浅間山噴火や桜島の噴火活動等は発生しているものの、大きな火山災害が発生する噴火を幸いにも経験していない。一方、火山防災における取組は大きな進捗が見られた。気象庁による噴火警報・噴火警戒レベルの導入（2008年12月～）により、各自治体は避難計画のよりどころとする情報を享受できることとなった。また、これに関連して、火山噴火予知連絡会では伊豆大島の噴火シナリオを作成（2008年9月）し、来るべき伊豆大島の噴火にいち早く対応を取ることができる体制を得た。国交省砂防部では、2007年に「火山噴火緊急減災対策砂防計画策定ガイドライン」を作成し、火山災害に対する砂防施設によるハード対策、土砂移動監視と情報提供などのソフト対策の効果的な整備を目指している。国土交通省砂防部・気象庁地震火山部では2008年に「火山防災対策を検討するための噴火シナリオ作成ガイドライン」を作成し、これに基づいていくつかの火山で噴火シナリオが整備されつつある。文部科学省では2009年度より基盤的火山観測網の整備を開始しており、2010年度末にはこれらのデータ流通が開始される予定である。また、気象庁も同様に監視強化が必要な47火山について基盤的観測網を整備している。

火山の学術的研究、活動把握と評価、さらには火山防災へいたる連携や枠組みについて図1に簡略化して示す。基盤的火山観測網の整備により、これまで以上に火山噴火および予知に資する基礎研究が進捗するとともに、火山の活動評価においても進展が期待される。これらの成果を基に、迅速な異常検知、どのような噴火へ至るかどうかといった活動評価を迅速に行い、それがどのような被害をもたらすか否かという災害評価を連携して行うことが、火山災害の軽減のための方策の基本であろう。そのための具体的方策として、下記を提案したい。

- 基盤的火山観測網の観測データの“利活用”の体系的な検討
 - 噴火シナリオとの結びつけ
- 観測データと火山災害軽減技術の連携

【キーワード】

- ・ 基盤的火山観測網（主に地球物理学的）
- ・ 地質学・岩石学・地球化学的観測
- ・ 実験研究

- ・ 火山噴火予知連絡会
- ・ 火山噴火緊急減災対策砂防計画（国交省）および火山防災ステーション
- ・ 噴火警報・噴火警戒レベル
- ・ 地方自治体
- ・ 内閣府／気象庁／国土交通省／文部科学省

- ・ ハザードマップ（現行・次世代型～リアルタイム／数値シミュレーション
- ・ 噴火シナリオ（イベントツリー・確率予測）
- ・ データベース（国際 DB：WOVOdat/Vogripa/Volc...

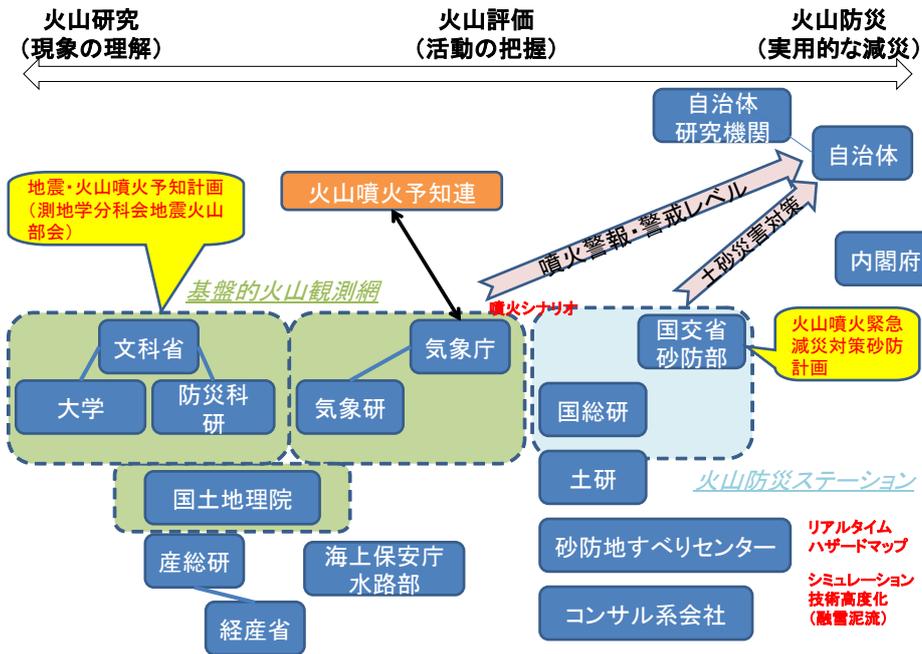


図 1 : 火山の学術的研究、活動把握と評価、火山防災へいたる連携や枠組みの現状

基盤的火山観測網データの活用



防災科研: 高感度地震計・傾斜計
広帯域地震計・GPS

気象庁: 高感度地震計・傾斜計
気圧計・監視カメラ

データ流通の開始: 2011年3~4月ごろ

見込まれる効果

- ・震源精度(時間・空間)の向上
- ・地殻変動源決定の高速化・自動化
- ・その他???

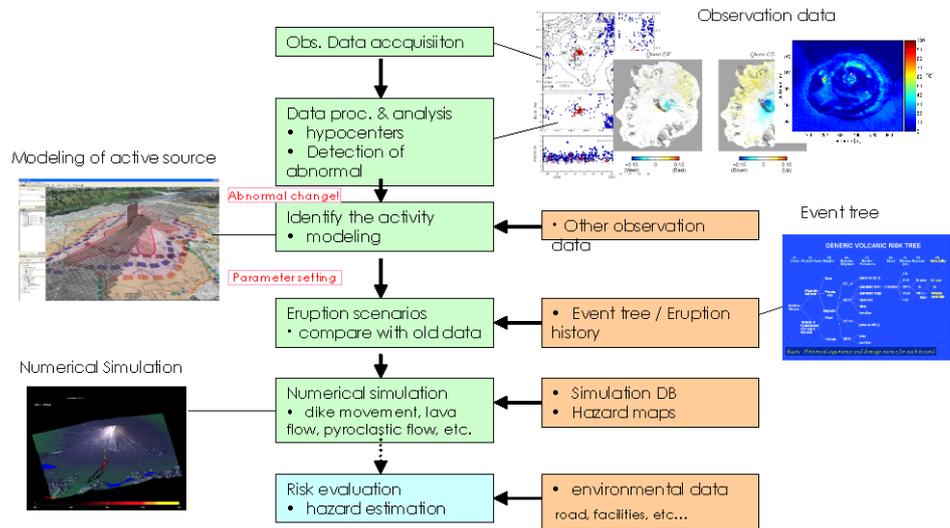
観測データと噴火シナリオの連携

より高精度な“噴火警報・噴火警戒レベル”を提供するには？

図 2 : 基盤的火山観測網の概要

火山観測から活動評価・災害予測(例)

Data flow & linkage for “real-time” hazard map



Fujita, Ueda and Kozono (2009)

図3：火山観測から活動評価・災害予測へいたる例：

リアルタイムハザードマップの概念

問題提起

- 基盤的火山観測網の観測データの“利活用”の体系的な検討(WGの立ち上げ等)
 - － 高精度震源・異常検知・変動源推定・他
 - － 噴火シナリオとの結びつけ
 - － その次“活動予測”へどうつなげていくか？
- 観測データ(およびその解釈)と火山災害軽減技術(火山防災ステーション)を、どうリンクさせていくか？
 - － シミュレーション技術開発
 - － データベース
 - － 確率予測

図4：本パネルディスカッションにおける議論のポイント