

資料 1 - 4

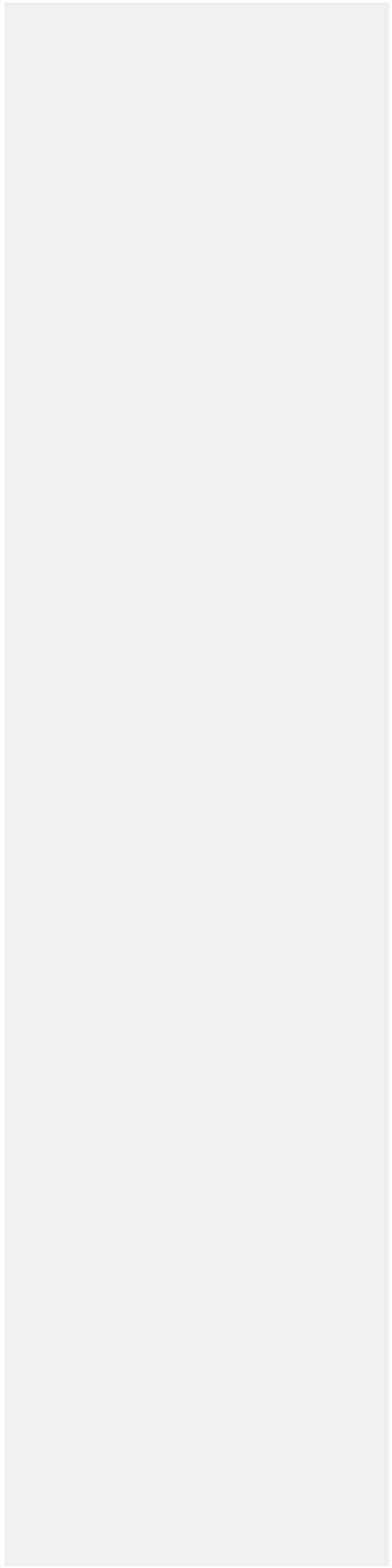
科学技術・学術審議会
測地学分科会 地震火山部会
地震火山観測研究レビュー委員会（第5回）
H28.12.19

「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画」 の実施状況等のレビュー報告書

【概要・~~、~~要旨】案

コメント【橋本1】: 本文では句点は「,」に統一されておりますが、表題は「、」を用いますか？

コメント【事務局2】: 「、」ではなく「・」を使いたいと思います



|

災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画の 実施状況等のレビューについて（報告）【概要】

（科学技術・学術審議会 測地学分科会）

●レビューの背景

- 現在の我が国の災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究は、平成 25 年 11 月の科学技術・学術審議会の建議により策定した「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画」（以下、「現行計画」）により推進。
- 現行計画の実施期間は、平成 26～30 年度であることから、次期計画策定に向けて現行計画の実施状況、成果及び今後の課題についてレビューを実施。
- 現行計画は、地震・火山噴火の現象を理解し、地震と火山噴火の予知を目指すこれまでの方針から、それらに加え、災害を引き起こす地震動・津波・火山灰や溶岩の噴出などの災害誘因の予測に基づき災害の軽減に貢献することを目標とした計画を推進する方針に転換。

●レビューの目的

- 「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画」について、方針の転換が適切であったか、計画が順調に進捗しているかを含め、総括的に自己点検し、次期計画の検討に資することを目的として実施。

●おもな成果

- 2011 年東北地方太平洋沖地震の余効変動の観測データなどに基づいた東北地方の粘弾性構造を解明。物理モデルに基づいた今後の地震発生の予測シミュレーションを実施。
- 震源域の即時推定や沖合津波計の観測データに基づく津波の即時予測手法を開発し、2011 年東北地方太平洋沖地震で観測されたデータにより検証。さらに、津波浸水域の即時予測手法を開発。
- 南海トラフ巨大地震の震源域において、海底地殻変動観測によりプレート境界の固着状況の空間分布を推定。
- 首都直下地震について、房総半島沖のゆっくり滑りの解明。また、地震動による地滑り発生可能性の研究、史料に基づく江戸時代の大地震の研究、関東平野の地震波伝播特性の研究が進展。
- 桜島火山について、地下内部のマグマ活動の高精度な把握に基づく火山活動の解明が進展。深部からのマグマの供給率と中長期的な噴火活動の様式や規模についての関連性を解明。2015 年 8 月には新たな岩脈形成によりマグマが貫入したことを把握。
- GNSS 観測等による火山灰噴出の即時把握、数値シミュレーションによる火山灰拡散予測に関する研究が進展。降灰による交通網への影響評価を実施。加えて、過去の噴火に至る過程の考察に基づく自治体の防災訓練を実施。
- 「地震・火山科学の共同利用・共同研究拠点」である東京大学地震研究所と「自然災害に関する総合防災学の共同利用・共同研究拠点」である京都大学防災研究所による拠点間連携共同研究を開始。理学と防災に関する工学・人文・社会科学の連携により南海トラフ巨大地震のリスク評価研究等を実施。
- 近代観測以前の地震・火山現象解明のため、歴史学や考古学の研究者と地震学・火山学の研究者と組織的な連携研究を開始。史料、考古データ、地質データの収集とデータ

ベース化が進展。

- 低頻度大規模地震・火山現象に関しては、津波堆積物のデータに基づき、17世紀の北海道太平洋沖の巨大地震の震源モデルを提示。
- 観測データと物理モデルに基づくデータ同化手法開発の研究が進展。プレート境界における摩擦特性の推定や、滑りの推移予測実験などを実施。
- 2011年東北地方太平洋沖地震の地震波放射特性の空間的不均一性を解明。
- 測地観測データなどに基づき、2016年熊本地震の断層モデルを構築。
- マグマ噴火について、観測データに基づく研究成果に、マグマ火道流モデルや噴出物特性の分析結果を合わせることで、噴火のメカニズムや様式、またその推移について、定量的な検討も実施。
- 2014年の口永良部島や御嶽山の噴火事例から、小規模な水蒸気噴火でも、噴火の数時間前～数分程度前から急激な山体膨張が発現することを把握。
- 浅間山や有珠山、桜島など、噴火と観測量の関係が十分に得られている火山について、分岐判断に観測量を取り入れるなど噴火事象系統樹に応用。

●今後の課題

- 2011年東北地方太平洋沖地震の余効変動や隣接域への影響についての継続的な研究。また、2011年東北地方太平洋沖地震による災害の発生機構の解明。
- 桜島火山について、頻発する噴火を利用した科学的研究の実施と、その成果に基づく将来起こりうる大噴火時への対策に関する継続的な研究の実施
- 近代観測以前の地震・火山噴火に関する史料、考古データ、地質データの統合解析を可能にするシステムの構築。これらのデータを低頻度大規模地震・火山現象の予測に活用するための手法開発。
- 内陸活断層の一部の活動による地震の長期的評価手法の開発。また、2016年熊本地震のような複雑な断層系で発生する地震活動の推移予測の研究の推進。
- 構造不均質性などから応力集中機構を解明し、内陸地震や海洋プレート内地震が発生しやすい場所を特定。
- 観測データと物理モデルによるプレート境界滑りの推移予測実験の推進。さらに、前震等の様々な地震先行現象の客観的評価に基づく地震の確率的短期予測研究の推進。
- 噴火事象系統樹の高度化、事象分岐の判断の高度化のため、観測データ分析や火山現象のモデル化を推進。
- 構造物被害等の工学的研究での活用ができるように、地震動・津波等の災害誘因の予測を高度化。
- 災害軽減に役立てるため、地震・火山噴火の知識を効果的に発信する手法を研究。

●まとめ

- 災害科学の一部として推進している現行計画では、近代観測以前の地震・火山現象の解明のため歴史学、考古学研究者が、また、地震学、火山学の成果を災害軽減につなげるために防災に関する工学や人文・社会科学の研究者が参加。そのため、新たな機関の計画への参加、地震・火山噴火予知協議会の改革、地震研究所と防災研究所による拠点間連携共同研究の実施など、新たな推進体制を構築。
- 地震学、火山学の成果を災害軽減につなげるための新たな取組が関連研究分野の連携のもと着実に進展。災害科学の一部として推進した観測研究計画の方針の転換は適切と判断。今後も、関連研究分野の研究者間の連携を一層強固なものとして、この方向で推進。

災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画の 実施状況等のレビューについて（報告）【要旨】

（科学技術・学術審議会 測地学分科会）

我が国の地震・火山の観測研究は、平成 25 年 11 月に科学技術・学術審議会が策定した「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画の推進について（建議）」に基づき、平成 26～30 年度までの 5 か年計画として進められている（以下、「現行計画」という。）。

地震予知計画は、昭和 39 年に測地学審議会（現科学技術・学術審議会測地学分科会）が建議して以来、平成 7 年の阪神・淡路大震災を契機とした全体的な見直しを経て、平成 20 年度まで継続されてきた。一方、火山噴火予知計画は、昭和 47 年 10 月以降の桜島火山の噴火活動活発化を受け、昭和 48 年に同じく測地学審議会が第 1 次火山噴火予知計画として建議し、以降 5 年ごとに計画の見直しが行われ、平成 20 年度まで継続された。平成 21 年度に両計画を統合し、「地震及び火山噴火予知のための観測研究計画」を実施していたが、平成 23 年 3 月に東北地方太平洋沖地震が発生し、超巨大地震に関する当面実施すべき観測研究を推進するため、平成 24 年 11 月に建議を見直した。その後、平成 24 年 10 月の「地震及び火山噴火予知のための観測研究計画」の外部評価を受けて、地震・火山噴火の予知に基づいて災害軽減に貢献することを目標としていたそれまでの計画の方針を転換し、地震や火山噴火の予測にとどまらず、それらが引き起こす地震動、津波、火山灰や溶岩の噴出などの災害誘因の予測に基づき災害の軽減に貢献することを最終的な目標とする現行計画を平成 26 年度から開始した。

本レビューでは、次期計画の策定に向けて、現行計画に係る観測研究の実施状況、成果を把握するとともに、今後の課題等について以下のとおり取りまとめた。

I 前書き

- 地震予知研究計画は、地震前兆現象の観測に基づく予知の実現を基本的な目標として、昭和 40 年度に始まり、昭和 44 年度の第二次計画から平成 10 年度の第七次計画まで 5 か年毎の計画として推進された。また、平成 7 年には兵庫県南部地震を契機として見直しが行われた。
- 平成 11 年度に開始した「地震予知のための新たな観測研究計画（第 1 次新計画）」では、地震発生に至る地殻活動をモデル化し、モニタリングと併せて地殻活動の推移予測を実現することを目標とした観測研究を推進し、平成 16 年度からの第 2 次新計画では、地震発生の準備過程の解明を進め、地殻活動予測シミュレーションモデルを開発することを目指した。
- 昭和 49 年度に始まった火山噴火予知計画では、年次計画により観測網の整備と実験観測が行われ、活動的火山における観測の多項目化と高密度化、データの高精度化が段階的に進められ、幾つかの火山において、噴火に先行する地震活動や地殻変動などの観測に基づく防災情報の発信が可能になった。
- 第 5 次計画からは、制御震源等を用いた構造探査が重点的な研究項目に加えられ、火山体の内部構造に関する理解が進み、GPS、SAR 干渉解析などの観測技術・手法の進歩により、複数の火山においてマグマの上昇や貫入、蓄積などの火山噴火準備過程が捉えられるようになった。さらに、総合的な観測が実施された火山では、火山流体の挙動やマグマの発泡・脱ガスなどの噴火過程について多くの知見が得られた。
- 平成 21 年度からは、地震・火山現象の相互作用の解明及び地震・火山活動の把握のために必要な観測網とデータの有効利用のため、「地震及び火山噴火予知のための観測

研究計画」として両計画が統合された。それにより、沈み込むプレート活動とマグマ上昇経路との関連性、マグマ貫入と地震活動への影響などの新しい成果も得られたほか、プレート境界滑りの多様性の発見、小規模火山爆発の規模予測やマグマ蓄積過程の多様性の発見などの成果があった。

II 基本的考え方

- 2011年東北地方太平洋沖地震の発生とそれによる震災の経験を踏まえ、地震・火山の観測研究計画は、国民の生命と暮らしを守るための災害科学の一部として推進されることになった。
- 地震や火山噴火の発生予測ができればおのずと防災に貢献できるという考え方を見直し、災害を引き起こす地震や火山噴火の発生予測とともに、強震動や津波、火山灰や溶岩流などの災害誘因の予測の研究も行い、地震・火山噴火に関連する災害の軽減に貢献するという考えのもとに立案された。
- 理学だけでなく、防災に関連する工学、人文・社会科学等の関連分野と連携し、災害素因との関係を意識した研究を推進する。また、低頻度大規模地震・火山噴火現象を理解するために、近代観測データに基づく研究だけでなく、過去の事例を調査できる歴史学や考古学などと連携して、歴史災害研究を進める。
- 災害の根源である地震と火山噴火の仕組みを自然科学的に理解する「地震・火山現象の解明のための研究」、地震や火山噴火を科学的に予測する手法を研究する「地震・火山噴火の予測のための研究」、地震動、津波、火山灰や溶岩の噴出など災害の誘因となる自然現象の事前評価・即時予測を研究する「地震・火山噴火の災害誘因予測のための研究」、長期的な取組で計画を推進し、成果が防災・減災に効果的に活用される仕組みをつくるため「研究を推進するための体制の整備」を四つの柱として推進した。

III 地震火山観測研究計画の変更について

1. 東北地方太平洋沖地震の発生を受けて実施した前計画の見直しと現行計画の策定

宮城県沖では、プレート境界大地震の発生が危惧され調査・研究が進められていたが、2011年東北地方太平洋沖地震のようなマグニチュード9に達する超巨大地震発生の可能性については十分に追究されていなかった。また、それまでの地震予知計画では、地震動や津波など災害誘因の予測の研究は必ずしも十分には行われていなかった。このような問題に対応するため、平成23年10月に科学技術・学術審議会測地学分科会地震火山部会の下に地震及び火山噴火予知のための観測研究計画再検討委員会を設置し、計画の見直しの検討を開始した。

- 計画の見直しは平成24年11月に科学技術・学術審議会において建議され、超巨大地震に関して当面実施すべき観測研究として、超巨大地震の発生機構や発生サイクルの解明、超巨大地震の長期評価手法や超巨大地震による津波の予測の研究などに取組むことになった。
- 計画の見直しでは、超巨大地震について緊急に取組むべき研究への対応にとどめ、地震・火山観測研究の抜本的な見直しは、現行計画での実現を目指すことになった。
- 平成24年11月に地震火山部会の下に次期計画検討委員会を設置し、「地震及び火山噴火予知のための観測研究計画に関する外部評価報告書（平成24年10月）」及び「東日本大震災を踏まえた今後の科学技術・学術政策の在り方について（建議）」（平成25年1月）において指摘された事項を考慮して、検討を開始した。
- 平成25年11月に科学技術・学術審議会において建議された「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画」は、地震発生・火山噴火の予測を目指す研究を継続しつ

つも、計画の目標を広げ、地震・火山噴火による災害誘因の予測の研究も組織的・体系的に進め、国民の生命と暮らしを守る災害科学の一部として推進することとなった。

2. 御嶽山の噴火を受けて実施した観測研究体制の見直しと取組

- 平成 26 年 9 月に発生した御嶽山の火山災害を踏まえ、科学技術学術審議会測地学分会地震火山部会において議論が行われ、同平成 26年 11 月に「御嶽山の噴火を踏まえた火山観測研究の課題について（報告書）」を取りまとめた。
- 水蒸気噴火について、火口近傍を含む火山体周辺における地球物理学的観測と、火山ガス等の物質科学的分析を計画当初から進めてきたが、その充実・強化の必要性が確認され、大学及び気象庁により水蒸気噴火前の先行現象に関する研究の強化が図られた。
- 平成 20 年に測地学分会火山部会で選択した、火山噴火予測の高度化に資する研究を進める価値の大きい重点 16 火山のほか、研究的価値の大きい観測データの蓄積を一層図るため、御嶽山など 9 火山について、観測施設の強化や臨時観測を実施した。
- 観測点の維持・管理に携わり、観測を基盤として火山噴火現象の解明や火山噴火予測研究を実施している火山研究者の育成を図るため、九州大学に「実践的火山専門教育拠点」が設置され、文部科学省で「次世代火山研究・人材育成総合プロジェクト」が開始公募された。
- 観測研究の成果や火山研究人材が災害軽減に貢献するためには、国の機関、地方公共団体、研究者間で連携した情報の流通と人材の活用が重要である。気象庁は、火山の監視・活動評価・情報提供を強化するため、職員の増員や大学等の火山専門家と連携した技能向上等の具体的取組を実施した。また、大学は、地方自治体等と協力し、避難計画や避難行動の調査や試行を行った。

IV 重要な地震・火山現象と拠点間連携共同研究

1. 近年発生した地震及び火山現象に関する重要な観測研究

(1) 主な地震

- 2011 年東北地方太平洋沖地震では、強震動を作り出す周期 10 秒以下の波を放射する領域と、大きな津波を生成する大変位の領域が異なることを明らかにした。
- 2011 年東北地方太平洋沖地震では、本震の破壊開始点の近くで 2011 年 2 月に Mw7.0 相当のゆっくり滑りが、3 月 9 日に前震 (M7.3) が発生した。これらによる応力集中が本震の発生を促した可能性がある。
- 2014 年 11 月 22 日に発生した長野県北部の地震 (M6.7) では、発生 4 日前から M3 程度を最大規模とする小さな群発地震活動があった。トレンチ調査によれば、今回の地震に先行する活動は 1714 年正徳小谷地震の可能性が高いことがわかった。
- 2016 年熊本地震では、震度 7 を 2 度記録した熊本県益城町の地震観測点の記録は、周期 1 秒程度の揺れが極めて強く、1995 年兵庫県南部地震で甚大な被害を出した JR 鷹取観測点の記録と同程度の激しい揺れであったことがわかった。4 月 14 日の地震 (M6.5) は、主に日奈久断層帯の高野一白旗区間の活動、4 月 16 日の地震 (M7.3) は、主として布田川断層帯の布田川区間の活動によると考えられる。4 月 16 日の地震の断層は阿蘇カルデラ内に達した。

(2) 主な火山噴火

- 2014 年御嶽山の噴火では、火山性地震が噴火発生の約 1 ヶ月前 (8 月末) から発生したが、1991 年及び 2007 年の噴火前の活動と比較して地震活動は小規模で、山体変形や噴気活動の変化も認められなかったことから、火口周辺に影響を及ぼす噴火が発生するとの判断に至らなかった。噴火直前には火山性微動や急激な山体膨張が発現した。
- 噴火は新たな火口を作って開始し、最初の約 20 分で噴石を飛ばす爆発や火砕流が発生した後、噴煙から火山灰混じりの雨が降る等、典型的な水蒸気噴火の推移をたどった。

コメント [気象庁3]: 日奈久断層帯の「主に」と、布田川断層帯の「主として」の違いはあるのでしょうか。無いなら、統一した方がよいと思われます。

コメント [気象庁4]: 上と同じ

- 水準測量のデータ解析から、2006年から山頂方向が隆起する傾向が見られ、2014年噴火後の測量では2006年からの隆起量と同程度の沈降が検出された。また、GNSSのデータから、山頂直下で微弱な膨張が噴火の1ヶ月前から始まったことが見出されたが、これは、火山性地震の発震機構解から推定される局所的応力場の変化とも調和的であった。
- 口永良部島では、2014年8月3日の噴火に先行して、1999年に火山性地震活動活発化、2003年頃から浅部の蓄熱を示唆する地磁気地熱異常による全磁力の変化、さらに地表面の温度変化や噴気の活発化も観測されていた。しかし、御嶽山で見られたような1ヶ月程度前からの地震活動の活発化等は検出されないまま、噴火の約1時間前から山体膨張が始まり、20分前に急加速した。この直前の山体膨張現象は、2014年御嶽山噴火直前と類似している。
- 2014年の噴火以降、二酸化硫黄放出量はやや多い状態が継続すると同時に島全体の膨張が検知され、地震活動や地熱活動の活発化が段階的に進行した。2015年5月23日には有感地震の発生や山頂域での地震活動が活発化した。5月29日に再度噴火が発生し、運用開始後初めて噴火警戒レベル5を発表し、全島民が島外へ避難した。
- 2013年11月に噴火活動を開始した西之島では、航空機や海洋調査船による調査から、観測開始(2015年2月28日)から9ヶ月間で3万6千個以上の地震が発生していること、2015年7月中旬から活動が低下していることが明らかになった。西之島での斜面崩壊を想定した津波シミュレーションでは、父島に20分弱で津波が到達すると推定された。
- 阿蘇山では、約20年ぶりのマグマ噴火が2014年11月25日から中岳第一火口で始まった。2015年9月14日には少量のマグマの関与が見られる爆発的噴火が起こり、小規模な火砕流も発生した。気象庁はこの噴火直後に運用開始後初めて噴火速報を発表した。2014年11月及び2015年9月の水蒸気噴火からマグマ噴火への移行にやや先行して火口近傍で断続的に発生する長周期微動の卓越周期の明瞭な変化が見られたが、これに対応してGNSS基線長変化も観測された。これは、マグマ溜まりの増圧が浅部火道への流体供給に影響を及ぼしていたことを示唆する。
- 桜島では、2009年9月以降噴火活動が活発化し、年間1000回近くの頻度でブルカノ式噴火が発生している。特に2009年12月～2010年4月、2011年12月～2012年4月、2015年2月～6月にブルカノ式噴火が頻発し、それと同期して火山体が膨張したが、これは、マグマの貫入と同時に火道最上部までマグマが移動・噴出したことを意味している。2015年8月15日に発生した群発地震活動とそれに伴う地盤変動は、これまでと全く異なるマグマ貫入であり、GNSS、干渉SAR干渉等の解析から、昭和火口下深さ1km程度に存在する北東-南西走向にダイク状にマグマが貫入したものと推定された。桜島の北東部からマグマの貫入が起こるとすれば、今回のダイク状マグマ貫入は、桜島にマグマの貫入しやすい状況を作ったことになる。

2. 優先度の高い地震・火山噴火に対する総合的な取組

(1) 東北地方太平洋沖地震

- 地震発生直後に地震の規模をより正確に推定し、津波の予測を高度化する手法の開発が進められた。地震の規模については、GNSSデータの即時処理により規模を推定する等の手法の開発が進められているシステムが構築されている。津波予測については、海底津波計データの即時処理により、津波の波動場そのものをモデル化して予測する手法の開発が進んだ。
- 宮城県沖の海底の観測点の大部分が西に動いていることが判明し、余効滑りだけでなく粘弾性変形も余効変動に大きな影響を及ぼしていることがわかった。
- 1978年の宮城県沖地震の周囲で余効滑りが活発に生じていることが判明したため、こ

コメント [気象庁5]: 報告書本文の表現とあわせる。

の領域ではひずみエネルギーが急速に増加している可能性がある。巨大地震の発生サイクルだけでなく、M7級の被害地震の予測のためにも、粘弾性変形と余効滑りを正しく評価することが重要である。

(2) 南海トラフ地震

- 海底地殻変動観測と陸域の地殻変動データを合わせて解析することで、震源域におけるプレート境界面の固着状態の分布が推定された。
- 海域における反射法データと深海掘削データの統合解析から沈み込みに伴う堆積層間隙率の空間変化を推定する新手法が開発され、地震波の反射特性から震源域におけるプレート境界面の固着度の空間変化が推定された。

(3) 首都直下地震

- 2014年1月に発生した房総半島沖ゆっくり滑りでは、これまで発生間隔が約6年であったが、2011年東北地方太平洋沖地震以降、その間隔に乱れが生じた。
- 首都圏の丘陵地帯の造成地にある谷埋め盛土では、地震観測により特定の周波数帯における上下動の顕著な増幅が明らかになり、地滑りの発生に影響を及ぼす可能性がわかった。
- 史料の分析から1855年の安政江戸地震時には発生の約一週間前から地震活動が活発であったことなどがわかってきた。

(4) 桜島火山

- 火山灰拡散予測のため、GNSS信号やレーダー・ライダー等複数の電磁波帯域を用いて火山灰を検知するリモートセンシング技術を開発した。また、地上降灰量を即時予測する手法の開発など進められている。
- 噴火の規模と様式に関する桜島の事象系統樹を作成し、1日当たりのマグマ貫入量と地震活動に注目して想定される避難行動を整理した。
- 降灰量と道路における通行規制の有無の関係をモデル化し、降灰量に対する通行規制の確率分布を表す手法を開発した。

3. 拠点間連携共同研究

地震学と火山学を中核とし、防災学に関連する工学や人文・社会科学の研究者が参加する総合的な学際研究として推進するため、「地震・火山科学の共同利用・共同研究拠点」である東京大学地震研究所と「自然災害に関する総合防災学の共同利用・共同研究拠点」である京都大学防災研究所による拠点間連携共同研究を開始した。

- 参加者募集型共同研究として、南海トラフで発生が懸念される巨大地震のリスク評価の精度向上を目指し、多様な分野の連携研究として推進した。

V. 災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画の実施状況と今後への課題

1. 地震・火山現象の解明のための研究

(1) 地震・火山現象に関する史料、考古データ、地質データ等の収集と整理

- 既刊地震史料集の本文データの構造を検討し、史料集本文データを任意の語句で検索できる「日本歴史地震関連史料データベース」の構築に着手した。
- 被害規模の判定方法について、家屋倒壊率を算定する従来の方法の妥当性を検討し、被害状況の全体的規模を捉える上でより適切な方法を提案した。
- 「歴史災害痕跡GISデータベースシステム」を設計し、公開に向けたパイロット版データベースシステムの運用テストを実施した。

(2) 低頻度大規模地震・火山現象の解明

- 最新の津波堆積物調査などにに基づき、17世紀に北海道太平洋沖で発生した巨大地震の断層モデルを構築し、海溝軸近傍に大滑り域があり規模はM8.8と推定された。
- 津波堆積物に基づいて、1454年享徳地震津波の断層モデルを構築し、869年貞観地震と

同等の規模であった可能性を示した。また、房総半島九十九里浜において、1677年延宝房総沖地震と1703年元禄関東地震以外に、歴史上知られていない相模トラフ沿いの大地震による津波が過去約1500年間で少なくとも2回あったことを明らかにした。

- 支笏火山の4万年前のカルデラ形成噴火には前駆的な噴火活動がなかったことが明らかになった。一方、屈斜路火山では最大のカルデラ噴火である12万年前の噴火に先立つ火砕流の痕跡を新たに見出した。

(3) 地震・火山現象の発生場の解明

- 2011年東北地方太平洋沖地震の発生に先行して、日本海溝に比較的近いプレート境界浅部において超低周波地震の活動があったことが示された。また、日本海溝沿いのプレート境界では、固着の強さに数年程度の周期の変動があることが見出され、固着が弱くなった時期にプレート境界型地震の活動が活発化する傾向が示された。
- 2011年東北地方太平洋沖地震後に東北地方各地で発生した誘発地震は、地殻深部流体の上部地殻への流入で誘発されたことが示唆された。
- 西南日本地域のブロック断層モデルから、明瞭な活断層が見られない山陰地方と南九州にひずみ集中帯が存在することが明らかになった。九州地方における非弾性変形の見積もりから別府や熊本で大きなひずみ速度が推定された。
- 2016年熊本地震後に活発化した熊本一大分の地震活動は、比抵抗構造解析から見出された阿蘇山・九重山・鶴見岳といった活火山下の低比抵抗域を避けて発生していることが明らかにされた。

(4) 地震現象のモデル化

- 構造共通モデルとして、海溝位置と水深モデルが作成・確定されるとともに、構造探査等の既往成果を統合したプレート上面位置データが作成された。
- 沈み込みプレート境界に存在すると考えられる物質を用いた摩擦実験により、日本海溝では低速でも摩擦強度が小さく地震時に大きな応力降下をもたらさないのに対し、南海トラフでは大きな応力降下が発生する可能性が示された。

(5) 火山現象のモデル化

- マグマ噴火については、観測データに基づく研究成果に、マグマ火道流モデルや噴出物特性の分析結果を合わせることで、噴火のメカニズムや様式、またその推移について、定量的な検討も行われるようになった。
- 高精度の地盤変動観測を行うことにより、水蒸気爆発のように規模の小さな噴火でも、噴火の数時間～数分程度前から急激な山体膨張が発現することがわかった。火口付近に複数観測点を設置することで、噴火の発生直前ではあるが、警報を山頂付近にいる観光客らに伝えることで、災害を軽減できる可能性がある。

2. 地震・火山現象の予測のための研究

(1) 地震発生長期評価手法の高度化

- 過去に南海トラフで発生した巨大地震の多様な発生様式やゆっくり滑りについて、数値シミュレーションにより、観測事実を説明するモデル構築された。
- 南海トラフ沿いでGEONETにより観測されている地殻変動の観測結果から、数値シミュレーションモデルのもっともらしさを確認する手法が開発された。

(2) モニタリングによる地震活動予測

- 海底地殻変動観測の強化により、2011年東北地方太平洋沖地震後の日本海溝沿いのプレート境界の固着状態や南海トラフ沿いプレート境界の固着状態の空間的不均質の把握が進んだ。
- 海溝型のプレート境界地震については、多様なゆっくり滑り現象の解明がさらに進み、ゆっくり滑り現象とプレート境界大地震発生の関係についての研究も進められた。データ同化手法開発による、プレート境界面上の摩擦特性の推定や滑りの推移予測のための

研究も着実に進められている。

(3) 先行現象に基づく地震活動予測

- 南アフリカ金鉱山内で発生した地震の震源域では、本震に先行する地震活動がいくつかのクラスターに分かれており、一部のクラスターの活動は本震発生直前に加速したことが明らかとなった。
- 大地震に先行する中期的な変化としてとりあげられる地震活動の静穏化について、1964年から2012年までの日本列島周辺の海溝沿いを対象に系統的に調べた結果、10年以上継続する長期静穏化は11回発生し、うち3回は巨大地震に先行したことがわかった。
- 巨大地震の1時間程度前に見られる電離層全電子数の変化の異常が世界の巨大地震8例全てについて検出され、主に太陽活動に起因する平時の電離層異常の発生率を考慮しても、地震に先行する傾向が統計的に有意であることが示された。

(4) 事象系統樹の高度化による火山噴火予測

- 近代観測網により噴火活動が観測されていない蔵王山で、古記録と地質調査による噴火履歴・様式に関するデータを基に初めて噴火事象系統樹を作成した。国内に多くある噴火の観測事例を欠く火山での、噴火事象系統樹作成の指針となった。
- 浅間山では、活発な噴火活動のため観測データが蓄積し、噴火履歴もよくわかっているため、噴火事象系統樹の事象分岐に確率を付与することができた。加えて、最近の地殻変動観測結果をもとに、前兆現象が観測された後の噴火未遂と噴火発生の分岐確率を示した。

3. 地震・火山噴火の災害誘因予測のための研究

(1) 地震・火山噴火の災害事例の研究

- 2004年新潟県中越地震と阪神・淡路大震災の復興過程を被災者の主観的評価から検証したところ、復興の時間変化に共通性が見られることが明らかになった。

(2) 地震・火山噴火の災害発生機構の解明

- 東日本大震災の津波被災地において、歴史的土地利用の変化が被害に及ぼした影響を評価した。

(3) 地震・火山噴火の災害誘因の事前評価手法の高度化

- 2011年東北地方太平洋沖地震の震源モデルを南海トラフ沿いに置いて長周期地震動評価を行った結果、震源距離がほぼ等しい都心周辺地点で、長周期地震動が2倍程度になることを確認した。
- 火山地域での地震による地滑り被害を調べたところ、最も甚大な被害は降下火砕物の崩壊性地滑りによるものであることを確認した。
- 大規模噴火時の降灰予測に気象場の変化が与える影響を調べるため、その日の気象場に基づいた降灰シミュレーションを毎日行っている。桜島大正噴火を対象とした計算では、気象条件によっては東北地方や北海道まで降灰が到達する起きることが予測された。

(4) 地震・火山噴火の災害誘因の即時予測手法の高度化

- GEONETから得られるリアルタイム地殻変動データを用いて断層モデルを推定する手法を、2003年十勝沖地震及び2011年東北地方太平洋沖地震に得られた観測データに適用したところ、地震発生から3分以内に高精度で断層モデルの推定が可能であることを確認した。
- 波動伝播理論に基づいて震度を予測する手法を開発し、その有効性を検証している。
- S-netの津波観測データを直接の入力として津波数値計算を実施する新手法の開発を行い、実際のS-net程度の観測点間隔に適用して長周期の大きな津波の再現性などを確認し、S-netの観測点配置でも十分、即時津波予測が可能であることを示した。
- 降灰の拡散範囲の予測に必要な火山灰粒子密度の推定手法の開発が行われた。

(5) 地震・火山噴火の災害軽減のための情報の高度化

- 地震の長期予測情報が災害軽減に有効に役立つためのリスク・コミュニケーションの方法論を提案するために、社会調査を行い、長期評価の発信手法の工夫が重要であることを明らかにした。
- 北海道内の火山をモデルケースとして、火山の災害軽減のためのリスク・コミュニケーション手法を提案するために各種観測情報などの火山防災情報を収集・統合させてリアルタイムで表示する準リアルタイム火山情報表示システムを開発し、北海道内の地方公共団体に実装して、システムを評価した。
- 衛星測位を利用した津波災害時避難の分析システムの構築を行い、地域情報と被害想定に関する時系列的分析、住民の避難行動に関するデータの収集と分析などを行い、地域開発と社会脆弱性の関係について考察した。

4. 研究を推進するための体制の整備

- 本計画の成果が国の地震調査研究に有効に活用されるため、今後、地震に関する調査研究を一元的に推進している地震本部との連携を一層強化する必要がある。
- 火山に関する調査研究を一元的に推進し、本計画で得られた基礎的な成果を組織的・体系的に社会に還元する仕組みは確立していない。火山調査研究の成果に基づく火山防災施策の高度化は必要不可欠であり、国が責任を持って今後の研究戦略と成果の普及展開について考える火山調査研究の組織・体制を検討する必要がある。
- 平成 28 年度から計画に参加する全機関が地震・火山噴火予知協議会に正式参加することになった。
- 火山における多項目観測データは、火山研究だけでなく、適切な噴火警戒レベルを運用するためにも不可欠である。また、長い時間をかけて変化する火山活動を把握するためには継続的な観測が不可欠であり、その観測基盤は国が責任をもって整備維持する必要がある。
- 2014 年御嶽山噴火発生などを受け、火山観測点の整備や拡充も進んでいるものの、一元的推進体制がなく各省庁間での調整が十分ではない。設備だけでなく観測を維持する人的、予算的資源の確保を含めた中長期的な視点を持った、火山の基盤観測体制の整備が必要である。
- 史料や考古データに基づいて近代的観測以前の地震・火山噴火とその災害を研究するため、当該分野において全国の中心的な役割を担っている東京大学史料編纂所と奈良文化財研究所が、平成 26 年度から本計画の実施機関となった。
- 各機関において国民や自治体の防災関係者らを対象に、講演会等を開催し、地震・火山噴火予測の研究の現状や、地震・火山災害などについて理解してもらうための活動を行ってきた。必ずしもわかりやすいとは言えない地震学・火山学の成果を理解してもらい防災のために役立てってもらうためには、人文・社会科学研究者の協力を得ることにより、効果的に伝えるための方法を研究する必要がある。
- 低頻度で大規模な地震・火山噴火の研究に際してより多くの知見を得るため、南米の沈み込み帯の巨大地震やインドネシアのシナブン山の噴火等の海外の事例研究を行った。
- 各機関は、地球規模課題対応国際科学技術協力プログラムに参加するなど、海外、特にアジア諸国（インドネシア、中国、ネパール等）に地震・火山・津波災害の軽減技術を移転する取組を行った。また、各大学はアジア諸国を含む海外からの学生を受け入れ、地震・火山災害に関する最新の研究成果を反映した教育を行っている。

VI. まとめ

- 国民の生命と暮らしを守る災害科学の一部として推進するという方針転換が行われて最初の 5 年と位置付けられている現行計画では、近代観測以前の地震・火山現象の解明のため新たに歴史学、考古学研究者が、また、地震学、火山学の成果を災害軽減につな

げるために防災に関する工学や人文・社会科学の研究者が参加するようになった。そのため、新たな機関の計画への参加があったほか、地震・火山噴火予知協議会の改革や、東京大学地震研究所と京都大学防災研究所による拠点間連携共同研究の実施など、推進体制においても大きな変革があった。

- 新たな推進体制のもと、地震学、火山学の成果を災害軽減につなげるための新たな取り組みが関連研究分野の連携のもと進められ、着実に進展している。今後も、関連研究分野の研究者間の連携を一層強固なものとして、この方向で進めていくべきであり、地震・火山噴火の予知を目的とした観測研究計画からの方針の転換は適切であったと考える。
- 現行計画実施期間中に発生した地震・火山噴火（2014年御嶽山噴火、2014年長野県北部の地震、2014年・2015年口永良部島噴火、2016年熊本地震）により、比較的規模の小さな水蒸気爆発の予測、活断層における地震の評価、複雑な地震活動の推移予測など、自然現象の解明・予測の面で新たな課題が明らかになった。同時に2016年熊本地震のように際の大きな地震が続発した時の建造物の被害や、地震活動が長期化した際の被害や復興の問題のように、災害軽減のための分野連携で取り組むべき課題も示した。