

資料(1)

火山噴火予知計画実施状況等

レビュー委員会(第4回)

H18.12.7

第7次火山噴火予知計画の実施状況等のレビューについて(草案)

科学技術・学術審議会  
測地学分科会火山部会  
平成 年 月

# 目 次

I.	前書き	1
II.	第7次火山噴火予知計画の実施状況	
1.	火山観測研究の強化	
(1)	火山活動を把握するための観測の強化	3
(2)	実験観測の推進	5
(3)	評価と課題	7
2.	火山噴火予知高度化のための基礎研究の推進	
(1)	噴火の発生機構の解明	9
(2)	マグマ供給系の構造と時間的変化の把握	10
(3)	火山活動の長期予測と噴火ポテンシャルの評価	12
(4)	火山観測・解析技術の開発	13
(5)	国際共同研究・国際協力の推進	15
(6)	評価と課題	16
3.	火山噴火予知体制の整備	
(1)	火山噴火予知体制の機能強化	19
(2)	火山活動に関する情報の向上と普及	20
(3)	基礎データの蓄積と活用	21
(4)	地震予知観測研究等との連携強化	22
(5)	評価と課題	23
4.	特定火山の評価	
(1)	浅間山	26
(2)	三宅島	31
(3)	阿蘇山	37
(4)	桜島	42
(5)	その他の火山	46
5.	「当面の富士山の観測研究の強化について（報告）平成13年6月」の評価	47
III.	第7次計画に対する総括的評価	55

## I. 前書き

我が国は、108の活火山が分布する世界有数の火山国である。先史には一部の地域の縄文文化を壊滅的に破壊するほどの巨大噴火が発生したこともあり、有史以来も度重なる噴火で、しばしば地域社会は甚大な災害を被り、多数の人命が失われてきた。

火山噴火予知に関する研究は、我が国に近代科学が導入された明治以降、研究者の関心事として推進されてきた。秋田駒ヶ岳噴火などを契機に、火山噴火予知についての社会的要請が急速に高まってきたことから、測地学審議会は、昭和48年6月に内閣総理大臣及び関係大臣に対して「火山噴火予知計画の推進について」の建議を行った。これを受けて、昭和49年度から火山噴火予知計画が実施に移された。その後、同審議会で5年ごとに計画が策定され、実施されてきた。平成15年には、科学技術・学術審議会が、第7次計画を策定し、建議した。

第7次計画は、平成16年～20年度の5か年にわたって実施されるものであり、現在なお進行中である。

これまで、雌阿寒岳、有珠山、浅間山、富士山、阿蘇山、桜島、口永良部島等の火山について本計画の実施によって進められた観測研究により、火山噴火予知に関する貴重な基礎資料が得られた。1983年（昭和58年）以来21年ぶりのマグマ噴火が発生した浅間山では、この噴火を機に、地下深部でのマグマの注入と地殻変動及び地震活動との関係やマグマの火口への上昇に伴う重力変化と地殻変動が明確にとらえられるなど、噴火前兆現象やマグマの挙動の把握に関して著しい進展がみられた。しかし、噴火開始直前に活動の高まりを把握して火山情報を発信したものの、明確な噴火時期の予測に至らないまま噴火が開始したほか、その後の火山活動の推移予測などについても、なお解決すべき多くの課題が残されている。2000年（平成12年）に始まる三宅島噴火では世界にも類を見ない多量の二酸化硫黄ガスの長期噴出が継続し、住民は島外避難を余儀なくされた。その後の継続的な観測により、2004年（平成16年）頃には最盛期に比べかなり減少したことを提示し、2005年（平成17年）2月に三宅島全住民に対する避難解除に役立てることができた。しかし、山頂カルデラの陥没などマグマ供給系が大きく変化したことから、中長期的な活動の推移の予測に関しては、解明すべき多くの課題が残っている。

この計画期間中はこれまでのところ噴火発生事例も比較的少なく、住民避難などにつながるような社会的影響の大きな噴火は発生していない。しかし、活発な火山活動を続けている桜島では、始良カルデラへのマグマ蓄積が着実に継続しているなか、58年ぶりに南岳火口の外側の昭和火口で噴火が発生するなど、新たな活動への展開の可能性もあり、住民にとって噴火推移の予測は重要な課題である。また、住民の帰島が実現した三宅島でも、時折、小噴火が発生しており、火山ガスの観測を含めた火山活動状況の把握は依然として重要である。

このように噴火発生時期の予測だけでなく、噴火の推移や火山活動状況の把握も含めた火山噴火予知や火山の活動評価に当たる火山噴火予知連絡会についての社会的要請は依然として強く、火山噴火予知の実用化に向けた観測研究体制の強化は緊急の課題である。一方、第6次計画中の地質調査所、防災科学技術研究所など国立研究機関の独立行政法人化

削除: 近年に至り、

削除: 期

削除: 有力な

削除: 得られた

コメント [i1]: 意見3

削除: 、

削除: ている

削除: の

削除: が認められたことから、

削除: 指示が解除され

削除: 、住民の4年半ぶりの帰島が実現した。

削除: も

削除: 9

削除: が

削除: の実用化や

削除: 火山

に続いて、基礎研究の重要な役割を担ってきた国立大学の法人化が行われ、火山噴火予知研究体制に大きな変化が生じつつある。

このような状況において、これまでの火山噴火予知計画による成果等をかえりみつつ、第7次火山噴火予知計画の実施状況及び成果等を取りまとめ、今後に残された課題を検討することとした。

## Ⅱ. 第7次計画の実施状況

### 1. 火山観測研究の強化

第7次計画では、すべての活動的火山の活動度を定量的に把握することを長期的目標として、火山監視観測の一層の強化と常時観測体制の整備を進めることとした。また、火山噴火予知の高度化を目指した基礎研究の推進に対応するため、高精度の多項目総合観測点の整備を引き続き行い、各種の実験観測を実施することとした。

#### (1) 火山活動を把握するための観測の強化

##### ①計画の内容

(ア) 気象庁は、火山噴火予知連絡会に関係する大学等の関係機関の協力を得ながら、火山の監視観測を強化する。連続的な監視観測については、既存の連続的な監視観測網に加えて、火山噴火予知連絡会による活火山の分類結果や、それぞれの火山の防災上の重要性に応じて、監視観測に活用可能な大学・地方公共団体等関係機関の観測データ、地震の基盤的調査観測網のデータ、火山機動観測等を活用して、火山監視・情報センターにおける監視観測体制を強化する。火山機動観測については、地熱観測や火山ガス観測、火口近傍での地殻変動、全磁力観測等を継続するとともに、必要に応じて震動観測や空振観測等を長期間実施するなど、その内容の高度化を図る。また、火山活動把握のため、大学・研究機関との共同観測・研究を進める。

(イ) 国土地理院は、電子基準点を活用して活火山及びその周辺での地殻変動をリアルタイムで監視するとともに、必要に応じ活火山の山体等に GPS 観測点を設置し、地殻変動監視を行う。特に活動が活発な火山においては、自動測距装置 (APS) 等による地殻変動監視を行う。また、活火山及びその周辺において、水準測量及び潮位観測により地殻上下変動を把握する。さらに、地下のマグマ活動をとらえるため、必要に応じて地磁気観測及び重力測量を行う。

(ウ) 海上保安庁海洋情報部は、南方諸島及び南西諸島の海域火山について、航空機による定期巡回監視を引き続き行う。海域火山の活動が活発化した場合には、航空機や無人測量船等による機動的観測を実施する。さらに、地磁気、重力及び海底地震活動等については、繰り返し観測を実施し、海域火山の中長期的な活動を監視する。同時に、人工衛星によるリモートセンシングを活用し、火山活動の監視を実施する。また、験潮所及び火山島等において GPS の連続観測、離島・岩礁等での定期的な GPS 観測、火山周辺海域に設置した海底基準局における定期的な海底地殻変動観測を実施し、マグマ活動の推移を監視する。

##### ②実施状況

(ア) 気象庁は、本庁、札幌・仙台・福岡管区気象台の火山監視・情報センターの運用を平成14年3月に開始した。同センターにおいて連続監視を実施している火山は、火山機動観測による倶多楽、恵山、秋田駒ヶ岳、新潟焼山、白山の5火山を新たに加え、常時観測火山20火山などと合わせて計30火山となっている。連続的な火山監視を行ってい

る火山のうち、関係する大学、研究機関、行政機関、自治体から、地震データ、映像データなどの提供を受けて監視に活用している火山は、5火山増えて18火山となった。また、地震の基盤的調査観測網のデータを火山監視に活用している。今期間に火山活動の活発化がみられた浅間山、雌阿寒岳、桜島などでは地震、空振、GPS、傾斜などの観測強化を行った。

火山機動観測では、各火山でGPS繰り返し観測、全磁力観測、熱映像観測などを実施し、三宅島、浅間山では二酸化硫黄放出量の観測を定期的に行っている。三宅島の火山観測においては、東京都や関係機関とともに三宅島総合観測班を組織し、事務局として観測・研究の調整を行った。また、集中総合観測や火山体構造探査に参加し、大学との共同観測・研究に着手した。

#### (イ) 国土地理院

電子基準点を増設するとともに、データのリアルタイム取得などシステムの改良を進め、電子基準点を活用した活火山周辺の地殻変動の連続監視を行った。火山の地殻変動監視のために三宅島、浅間山、伊豆東部などにGPS観測点を設置した。伊豆大島、岩手山では自動測距装置（APS）による地殻変動観測を実施したほか、樽前山、有珠山、北海道駒ヶ岳、岩手山、磐梯山、浅間山、富士山、箱根山、伊豆東部、伊豆大島、三宅島、新島、神津島、八丈島でGPS機動連続観測を実施した。

火山変動測量（火山活動に伴う地殻変動を検出することを目的として、火山周辺で定期的に行う測量）として、平成15～18年度にかけて北海道駒ヶ岳、草津白根山、伊豆大島、阿蘇山、霧島山、十勝岳、雲仙岳で水準、GPSなどの測量を順次実施した。伊豆大島、三宅島、伊豆東部で水準測量を繰り返し実施するとともに、伊豆東部では精密辺長測量も実施した。伊豆東部火山群周辺（伊東、初島、真鶴、宇佐見）で潮位観測を実施した。

磐梯山において航空磁気測量（全磁力測定）を実施するとともに、富士山北東部における全磁力連続観測、富士山周辺における重力測定を実施した。

削除: 地方

#### (ウ) 海上保安庁海洋情報部

航空機による火山活動の監視として、南方諸島方面（火山島：11か所、海底火山：11か所）で年2回、南西諸島方面（火山島：7か所、海底火山：2か所）で年1回の定期巡回監視を実施した。また、海上自衛隊と協力して、南方諸島方面（海底火山：5か所）の監視を年10回実施した。これらに加えて、南西諸島方面、南方諸島方面の臨時監視を、平成14年度10回、平成15年度12回、平成16年度14回、平成17年度38回、平成18年度7回（7月1日現在）実施した。

平成17年度に、海底噴火の発生した福徳岡ノ場で無人測量船を用いた地形調査を実施した。また、福徳岡ノ場付近の人工衛星画像を入手し火山活動の監視を行った。伊豆諸島海域の験潮所と伊豆大島、真鶴に加えて、平成14年に新設した八丈島験潮所の観測点においてGPS連続観測を実施した。銭洲等の離島・岩礁、神津島島内ではGPS移動観測を実施した。また、三宅島西方海域で、海底地殻変動観測を実施した。諏訪之瀬島、伊豆大島、口之島、横当島（トカラ列島）、薩摩硫黄島及び福徳岡ノ場において航空磁気観測を実施した。

### ③成果

(ア) 気象庁では、火山監視・情報センターの運用開始によって常時監視体制が強化され、新たに連続観測を開始した火山、他機関からのデータの提供を受けて観測が強化された火山では震源精度が向上するなど監視能力の強化が図られた。

2004年(平成16年) 浅間山噴火の際には、爆発的噴火に数時間から30時間先行して傾斜変化が観測されることを見だし、その後同様の傾斜変化がとらえられた場合、噴火の前に火山情報を発表し注意を呼びかけた。

機動観測では、GPS 観測、全磁力観測、熱映像観測などに加えて、浅間山、三宅島で二酸化硫黄放出量の観測を実施し観測内容の高度化を図り、多項目観測による火山活動評価に活用した。

(イ) 国土地理院では、各種の観測によって伊豆東部、伊豆大島、硫黄島、桜島、三宅島、浅間山などで火山活動に伴う地殻変動をとらえた。観測したこれらの地殻変動を基に、浅間山、伊豆東部、伊豆大島などで、地下のマグマの動きや蓄積を明らかにし、火山活動の評価に寄与した。

削除: もとに

削除:

(ウ) 海上保安庁海洋情報部では、臨時監視を実施することで航空機による観測回数を増やし、2002年(平成14年) 8月に伊豆鳥島の噴火を観測したほか、いくつかの火山で変色水を視認した。この観測結果に基づいて、船舶の航行安全確保のために航行警報を発表した。また、度々変色水を観測していた福徳岡ノ場では、2005年(平成17年) 7月の噴火後、無人測量船による調査から海底地形図を作成し、最浅水深や噴出量を明らかにした。

## (2) 実験観測の推進

### ①計画の内容

火山活動の定量的な評価と噴火予知手法の高度化を目標として、噴火過程の解明や火山活動の把握、予知手法の確度向上のための基礎研究を含む各種の実験的観測を行う。火山活動状況の把握や噴火ポテンシャル評価のため、計画的に対象火山を定めて集中総合観測や火山体構造探査を実施する。

### ②実施状況

#### (ア) 大学

大学では、火山活動状況の把握や噴火ポテンシャル評価を目的とした集中総合観測と火山の浅部構造と状態を調べるための火山体構造探査を関連機関と協力して年次的に実施した。集中総合観測では、富士山(平成14年度)、草津白根山(平成15年度)、御嶽山(平成16年度)、浅間山(平成17年度)、有珠山(平成18年度)を対象に地震、地殻変動、重力、電磁気、火山ガスなど多項目の観測を実施した。火山体構造調査は、北海道駒ヶ岳(平成14年度)、富士山(平成15年度)、口永良部島(平成16年度)、浅間山(平成17~18年度)を対象に、人工地震観測や電磁気探査等を実施した。特に富士山と浅間山では、対象火山の活動を総合的に解明するため、集中総合観測と火山体構造探査をほぼ同時期に連携して実施した。

大学は、既設連続観測施設を維持するとともに、その高度化や効率化を実施している。噴火準備過程や噴火後の活動推移を定量的に評価するため、北海道駒ヶ岳に坑内広帯域地震計・傾斜計を設置し、さらに精密相対重力測定を実施、また十勝岳等ではデータ伝送の高品質化などによる観測網の強化に努めている。火山流体の移動・蓄積や供給率の時間的変化などを解明するために、浅間山では GPS や広帯域地震計を 2004 年 (平成 16 年) 噴火前に設置、また噴火後には GPS、広帯域地震計、傾斜計などによる観測網の強化や精密重力測定を実施したほか、稠密地震観測及び火山ガス観測などを含む集中総合観測や電磁気構造探査を行った。伊豆大島では、GPS、地震観測網、MT 観測網の強化や高度化を実施し、地中 CO<sub>2</sub> 連続観測点も設置した。御嶽山等では、群発地震活動と火山活動の関連性を解明するために地震観測や GPS 観測及び水準測量を実施している。火山活動の即時的レベル判定・評価の手法開発を目指し、阿蘇山では広帯域地震計の設置、口永良部島では水蒸気爆発観測システムによる観測の継続、桜島や薩南諸島では火山性地震の自動分類などを基にした地震活動活性化に対応できるメールによる警報装置を開発した。

#### (イ) 防災科学技術研究所

防災科学技術研究所では、マグマ活動の把握のため三宅島の観測網を維持、富士山中腹 2 か所に抗井式地震・傾斜観測施設を設置、伊豆大島や那須岳ではテレメータ装置を更新、硫黄島では GPS 測量と重力測定の実施に加え、GPS 連続観測を開始するなど、連続観測の維持・強化を行った。群発地震活動が 2002 年 (平成 14 年) 8 月に活発化した八丈島で広帯域地震計と傾斜計による短期観測を実施した。また、空中赤外映像による火山体表面温度観測を三宅島や浅間山で実施、三宅島では火山ガス濃度分布も測定、さらに衛星搭載 SAR による地殻変動検出を浅間山などで試みた。

削除: 2002 年 8 月に

#### (ウ) 国土地理院

国土地理院では、商用電力や既設通信線の利用が困難な地点で、太陽電池や衛星通信を利用する多機能簡易型無人観測装置による観測を行った。また、JERS-1 データを用いた国内外の火山の地殻変動精査を実施し、さらに宇宙航空研究開発機構 (JAXA) が 2006 年に打ち上げた陸域観測技術衛星「だいち」(ALOS) のデータを使用した干渉 SAR 解析の実運用のための処理システムの整備と高精度地盤変動測量の実用化及び「だいち」の試験データによる解析システムの検証を実施した。

### ③成果

(ア) 集中総合観測で実施した多項目観測により、詳細な震源分布や地下構造、火山流体の動態についての新たな知見や基礎資料が得られた。特に富士山では、低周波地震の詳細な分布、山体内の熱水存在の可能性、山頂の絶対重力値の決定などに関して成果があった。草津白根山では、流体貯留層の形態や火山ガスの通路についての知見が得られ、火山流体の上昇過程が明らかになった。御嶽山では山体下に地震波減衰域の存在、群発地震域の隆起現象や二酸化炭素ガスの放出が確認された。火山体構造調査では、詳細な火山体浅部構造が明らかになった。北海道駒ヶ岳では、三次元的な基盤構造が解明された。口永良部島では、稠密観測により詳細な地震波速度構造や熱水溜りを示唆する構造が得られた。富士山では、集中総合観測に併せて、火山体構造探査を実施したことにより、

削除: 合わせて

削除: 調査



浅部構造だけでなく深部低周波地震の発生域を含む地殻・最上部マントルの地震波速度構造と電気比抵抗構造を明らかにすることができた。

(イ) 浅間山では、GPS や傾斜観測により、2004 年噴火に際して噴火前の火道の膨張などの地殻変動が把握でき、また広帯域地震観測網によって噴火に伴う地震波形の記録が可能となった。航空機や衛星によるリモートセンシング技術により、火口底の変動や温度変化も把握できた。富士山では、山腹での抗井観測の強化により、低周波地震の検知能力が向上し、高品質の波形取得も可能になるとともに、地殻変動検出能力が格段に向上した。伊豆大島では、多項目の観測により、地殻変動、地震活動、地下電気比抵抗、マグマの脱ガス状況などを把握し、総合的に火山活動を評価することが可能になった。三宅島では、地震活動、地殻変動、全磁力変化、温度、二酸化硫黄ガス放出量などの観測から火山活動の推移を把握することができた。

コメント [i1]: 意見 4

削除: 観測により、2004 年噴火に伴う地殻変動が把握され、

(ウ) 広帯域地震計による観測で成果が上がった。諏訪之瀬島では、爆発的噴火に先行する地盤の隆起と噴火に伴う地盤の沈降を示す超長周期パルスが観測され、桜島と同様に精密に地盤の変動を観測すれば爆発が予知できる可能性が示された。八丈島や浅間山では、地下の岩脈の振動と考えられる地震を観測し、その状態についての推定が可能になった。阿蘇山では、火山性微動の周期が火山活動によって変化することが明らかになった。口永良部島では、高周波地震の活発化に連動した地盤の隆起・膨張と火口直下での熱の蓄積を示す観測結果が得られた。

(エ) 既設観測網のデータ伝送方式の改善や観測管理の効率化等による観測の高度化の結果、霧島山、安達太良山、草津白根山、那須岳、樽前山等の火山では、震源決定能力の向上などの成果があがった。GPS 観測では、多機能簡易型無人観測装置により、岩手山や有珠山など 10 火山以上の地殻変動を把握することが可能になった。衛星 SAR の干渉画像解析により、伊豆東部などの火山地域の地殻変動が検出され、また「だいち」のデータによる干渉 SAR 解析の準備も整った。

### (3) 評価と課題

#### ① 火山活動を把握するための観測の強化

(ア) 気象庁は、機動観測の活用による連続観測や諸機関の観測データの分岐によって、陸域の火山監視の強化を着実に進めた。また、火山監視・情報センター運用開始に併せてデータ処理・評価の能力向上に努めた結果、火山活動解説資料等の大幅な質の向上が図られた。しかし、監視体制の十分でない火山もあり、今後も火山監視体制の拡充に引き続き取り組む必要がある。それと同時に、効率的な火山監視を行うために、中期的に監視すべき火山を選定し、それらの火山の監視体制を重点的に強化する必要がある。

削除: 合わせて

(イ) 海域の火山監視については、航空機により海域の火山活動状況の速やかな把握が行われ、船舶の航行安全等に十分成果を挙げているが、今後は人工衛星画像の監視への活用も期待できる。また、無人測量船を用いて危険を伴う海域での情報の収集が可能になり、これまでより噴火活動を詳細に把握できるようになったことから、引き続き無人測量船の活用が望まれる。

(ウ) 火山の地殻変動については、全国 1231 点の電子基準点 (GPS 連続観測網) が完成し、

削除: 1200

火山活動の監視に活用された。解析の迅速化が図られた結果、近い将来のリアルタイム化のめども立ちつつある。また、いくつかの火山では GPS 観測点が強化され、周辺の電子基準点と観測網を構築することで、火山の地殻変動を詳細にとらえることが可能となった。その一方で、観測点が十分設置されていない活火山も多く存在すること、電子基準点の維持及び適切なグレードアップが今後の課題である。海域については、GPS 連続観測点と離島・岩礁における移動観測を組み合わせることで伊豆諸島海域における地殻変動をとらえたり、三宅島西方海域ではマグマの活動に伴う海底地殻変動観測を世界に先がけて実施するなど、海域の地殻変動監視能力が向上した。今後、海底基準局を的確に配置することで、マグマ貫入を原因とする海底地殻変動の検出が期待される。

削除: 充分

## ②実験観測の推進

(ア) 広帯域地震計や傾斜計による観測で、地下の岩脈の状態推定や噴火前の火道の膨張など、噴火の準備過程から噴火過程に至る活動を定量的に評価するための重要な情報が得られることが、浅間山、八丈島、三宅島等の火山活動で明確に示された。特に、2004年(平成16年)に噴火した浅間山では、広帯域地震計、傾斜計、GPS など多項目の観測網により、噴火に至る長期的な活動の変化や噴火直前の前駆的変動を把握することができた。GPS により長期的なマグマの蓄積過程、広帯域地震計により長周期地震の振動源である火口直下の火山性流体の挙動や噴火過程、傾斜計により噴火直前の膨張過程が明らかになり、噴火予知の高度化につながる成果を得たことの意義は大きい。また、次の噴火が懸念される伊豆大島では、各種の観測が強化され、マグマ蓄積過程と地震活動の関係が明確になってきたことは、将来の噴火の前駆現象を判断する上で大きな成果である。観測が強化された富士山においても将来の噴火の前駆現象把握能力が一段と向上し、噴火予知の高度化に寄与している。

削除: 間の

(イ) GPS に加え干渉 SAR も地殻変動の把握に不可欠な観測技術となり、定量的な噴火予知のための標準観測として、これらの観測の重要性が認識された。しかし、これらの観測結果を噴火予知に更に活かすためには、多機関により取得されたデータの統合とそれを用いたモデル化の手順についての検討が必要である。

削除: さらに

(ウ) 火山体構造探査と集中総合観測を富士山で初めて同時期に連携して実施し、地震波速度構造と電気比抵抗構造、地震活動などの総合的な把握に効果を発揮した。その後、浅間山でも集中総合観測に併せた火山体構造調査が実施され、総合的な地下構造の把握が進んだことは評価できる。さらに、明瞭にマグマ供給系を解明するために、今後もマグマ溜りの検出を目的とした総合的な調査や新しい手法の開発が不可欠である。

コメント [i2]: 意見 5

削除: 合わせた

削除: 可能になった

(エ) 一方、他の多くの既設観測網では、データ通信の効率化や高度化、観測網管理の効率化などにより、機能的な観測への努力がなされたが、設備更新のための予算措置がないことから機器の老朽化が進んでおり、観測強化の進捗は不十分である。また、火山体構造探査や集中総合観測などの臨時観測で使用する観測装置についても、高性能化が必要になっている。これらに対し、早急な対応が必要である。また、観測強化がある程度進んだ伊豆大島や浅間山、富士山においても地下のマグマをモデル化するにはまだ不十分であり、更なる観測の強化が不可欠である。

コメント [i3]: 意見 6、意見 7

削除: 円滑

削除: 観測の強化の進捗は芳しくなく、観測の維持という観点からは機器の近代化が進まない問題を抱えている

削除: 更新と

## 2. 火山噴火予知高度化のための基礎研究の推進

火山噴火予知高度化のため、関係機関である情報通信研究機構、大学、防災科学技術研究所、海洋研究開発機構、産業技術総合研究所、国土地理院、気象庁、海上保安庁海洋情報部は、火山噴火予知計画における各機関の役割に基づき連携して、以下の基礎研究を推進することとした。

### (1) 噴火の発生機構の解明

#### ①計画の内容

噴火の発生機構を定量的に理解するために、マグマや熱水等の火山流体の挙動とマグマの上昇に伴う発泡・結晶化・脱ガス過程を各種観測、実験及びシミュレーションによって解明する。また、マグマや火山ガスと地下水との相互作用、及び爆発の発生機構の解明を目指す。

#### ②実施状況

(ア) 大学は、噴火の発生機構の解明のために、諏訪之瀬島、雌阿寒岳などで広帯域地震観測を実施した。また、2004年(平成16年)9月に噴火した浅間山では、噴火の推移観測から噴火機構を明らかにするため、広帯域地震観測及び地殻変動観測網を整備し、絶対重力連続観測を実施した。さらに、噴火の活動度と噴煙の放出状態を検討するため、噴煙の画像解析を行った。防災科学技術研究所は、三宅島、八丈島の地震及び地殻変動観測データからマグマ貫入の理論的解析を進めた。産業技術総合研究所は、有珠山の放熱量・温度変化を再現するための熱水系シミュレーションを実施するとともに、2000年(平成12年)噴火の前後に生じた地下水位変動を観測し、噴火中の流体移動のモデル化を行った。

削除: 水

(イ) 大学、産業技術総合研究所、防災科学技術研究所は、雲仙岳において、火口直下の構造とマグマの脱ガス過程を明らかにするため、先の噴火火道と思われる場所を掘削し、物理検層データと採取試料の解析を行った。また、大学は、マグマ上昇に伴う結晶化や脱ガス過程を明らかにするため、雲仙岳、三宅島、有珠山において、最近の噴出物の組織解析を行った。産業技術総合研究所は、雲仙岳の噴出物中のメルト包有物の揮発性物質分析を行い、火山ガスの起源を検討した。また、チリのビジャリカ火山において噴火中に放出される火山ガス組成を測定し、変動及びその起源を検討した。さらには、噴火過程における脱ガス過程を明らかにするため、高温高圧条件下での発泡マグマ中のガス浸透率についての実験を行った。

#### ③成果

(ア) 浅間山では、噴火に先立つマグマ貫入が噴火直前から岩脈状に起きていたことや、地下水蒸気溜りで起きたと思われる特異な流体の震動が噴火に先立って消失したことをとらえた。また、爆発に伴う振動波形の解析から、膨張、爆発、減圧発泡、マグマ上昇のモデルが提案された。さらに、噴火中のマグマ頭位の高さ変化が重力変化でとらえられることを示した。諏訪之瀬島では、爆発機構のモデルが提案された。三宅島において

削除: 位置

は、2000年噴火活動のマグマ貫入、カルデラ形成に伴う火山流体の動きをモデル化することができた。八丈島に貫入したマグマの形状や性質、その後の変化を把握した。有珠山では、2000年（平成12年）噴火前に生じた地下水水位変動から、噴火前の地殻応力の変化を推定した。

削除: の

削除: の

(イ) 雲仙岳では、先の噴火でマグマが新たな場所に岩脈状に貫入し、マグマからの脱ガスが火道を使って行われたことを明らかにした。マグマの発泡と結晶化が起こる深度が異なることや、上昇速度によって結晶化の仕方が異なることを定量的に示した。また、雲仙普賢岳噴火マグマ中の苦鉄質端成分マグマはイオウに富んでおり、放出された二酸化イオウは全て噴火マグマに溶存していたことを明らかにした。チリ・ビジャリカ火山の噴火で放出された火山ガスは、深部からの気泡の上昇による寄与が小さいことを明らかにした。発泡マグマ中のガス浸透実験からは、従来、天然試料の測定から推定されていた浸透率とは異なる結果を得た。また、噴火直後の熱水系が発達するためには、貫入したマグマの浸透率がより大きい必要があることが明らかとなった。

## (2) マグマ供給系の構造と時間的変化の把握

### ①計画の内容

噴火活動を定量的に予測するためには、マグマ供給系や噴火発生場の構造とその時間的変化の把握が不可欠であり、引き続き火山体構造探査を推進する。地球物理学的観測のほか、地球化学的観測や地質調査、岩石学的実験なども併せて推進し、総合的なマグマ供給系モデルの構築を目指す。

### ②実施状況

(ア) 大学では、マグマ上昇過程をより正確に把握するために、噴火の兆しのある北海道駒ヶ岳とロ永良部島、深部低周波地震活動の活発化した富士山、及び小噴火した浅間山を対象に、人工地震探査による浅部速度構造の解明を共同して進めた。特に富士山と浅間山では、探査深度を増大するために、稠密地震観測によるトモグラフィ解析や電磁気探査を集中総合観測の一環として実施し、マグマ溜りの検出を試みた。また、富士山では、マグマ供給系を検討するために、試錐調査を含め物質科学的な調査も実施した。浅部速度構造が解明されている岩手山では、自然地震を用いて深部速度構造や速度構造の時間変化を調べた。マグマ供給系や内部構造が推定されている雲仙岳では、既存の人工地震探査データを用いて、後続波解析からマグマ供給系の微細構造の抽出を試みた。さらに、火道掘削データ等の物質科学的な解析結果も加え、マグマ供給系の総合化を進めた。

一方、岩手山、磐梯山や雲仙岳では、地震や地殻変動データなどの詳細な解析を通じて、マグマ供給系やその時間変化を検討した。伊豆大島では、稠密GPS網を展開し、地中CO<sub>2</sub>濃度の連続観測などを併せてマグマ供給系の時間変動を調べた。さらに、集中総合観測を実施した御嶽山でも浅部構造を検討した。このほか、マグマ供給系を理解する手掛かりとして、神津島などでは測地データから地殻変動源を推定し、安達太良山等では重力変化を調べた。雲仙、九重山や阿蘇山では、繰り返し空中磁気探査から火山体内

削除: 手がかり

削除: テータ

部の磁氣的構造の時間変化の検出を試みた。

(イ) 防災科学技術研究所では、三宅島のマグマ供給系や硫黄島で観測された一連の異常現象を説明する総合モデルの構築を進めた。また、地震の基盤的調査観測網を用いて噴火などに伴う地震・傾斜の検出に努めた。

コメント [i1]: 意見 8

削除: Hi-net

(ウ) 産業技術総合研究所では、有珠山等において物質科学的手法に基づき、マグマの進化やマグマ溜りの冷却脱ガス過程をモデル化したほか、火山構造の発達過程やアナログ実験も加えてマグマ貫入の制御機構を検討した。

(エ) 国土地理院では、地殻変動として観測されるマグマ供給系の時間変化を実時間で把握するために、GEONET の迅速解を用いた準リアルタイム地殻変動解析システムの構築を進め、伊豆東部火山群の地震活動に伴う地殻変動を解析するとともにシステム評価を行った。

(オ) 海上保安庁海洋情報部では、中長期的な火山体構造の時間的変化の検出を目指し、北福德堆などにおいて海底地形などの基礎調査を行ったほか、明神礁では地磁気異常分布の時間変化について検討した。

(カ) 海洋研究開発機構では、マグマ発生・分化・固化に関する理解を深めるために東北日本弧・西南日本弧などの成熟度の異なる火山弧において、系統的試料採集・分析・モデリングを行った。

### ③成果

(ア) 人工地震探査により、北海道駒ヶ岳、富士山、口永良部島及び浅間山の詳細な浅部速度構造を解明し、山体直下に高速度層の盛り上がり認められた。人工地震と自然地震を併用した構造探査を行った富士山では、浅部から 20km 以深までの速度構造を明らかにし、P波、S波速度や電気比抵抗から、深さ 10~15km に超臨界状態の水などの流体、20km 以深にマグマ流体の存在を示唆した。また、掘削データ等の物質科学的な検討から、噴火史を再編し、浅部安山岩質マグマと深部から注入される大量の玄武岩マグマの混合という大局的なマグマ供給モデルを示した。浅間山では、地殻変動解析によるマグマの貫入位置を低電気比抵抗領域に認め、マグマ供給系の理解を深めるために人工地震と自然地震を用いた構造探査を進めた。岩手山では、遠地地震のレシーバー関数解析から深さ 30km 前後に分布する S 波低速度層を明らかにし、相似地震を用いて 1998 年(平成 10 年)の火山活動の活発化に対応した S 波の速度変化を検出した。雲仙岳では、後続波解析により、溶岩ドーム直下の背斜構造を描き出したほか、マグマ上昇路を深さ約 3 km で顕著な反射面として、3 km 以浅では鉛直に延びる弱反射面としてとらえるなど、探査深度や分解能の向上に後続波解析が有効であることを示した。また、物質科学的に火道掘削データを検討し、溶岩ドーム直下に時代の異なる複数の火道を示す平行岩脈を認め、背斜構造と併せて指状のマグマ貫入モデルを提示した。

削除: 域

削除: 合わせて

(イ) 岩手山や三宅島では、既存の地震や地殻変動データ等の再解析によりマグマ供給系のモデル化を進めた。岩手山では、1998 年の活動に伴う地震や地殻変動源の西方移動を明らかにし、表面熱活動も併せてダイク状のマグマ貫入と熱水溜りからなるモデルを示した。三宅島では、マグマ溜りの大きさは未知のままだが、マグマシステムをモデル化し、定量的な噴火予測への道を開いた。

削除: (許容量)

(ウ) 磐梯山、硫黄島や伊豆大島では、マグマ供給系を理解する糸口を見いだした。磐梯山では、山頂浅部での低周波地震活動に続いて、超長周期震動が1888年火口の深さ5kmで励起されていることが分かった。小笠原硫黄島では、定常的な収縮変動と間欠的な隆起変動を認め、水蒸気爆発が間欠的な隆起変動時に発生することを明らかにしたほか、マグマの蓄積を示唆する重力変化をとらえた。伊豆大島では、カルデラ内の地震が全島の伸張・収縮と同期し、膨張速度と地中CO<sub>2</sub>濃度の間に正の相関を認めた。

コメント [i2]: 意見 9

(エ) また、地殻変動データから雲仙岳では、活動収束後におけるマグマ供給量の低下を示唆したほか、御嶽火山では、東麓の群発地震域浅部にAFMT探査などから熱水系と想定される地殻変動源を見いだした。神津島などでも地殻変動源を求め、浅間山のブルカノ式小噴火では前駆する傾斜変化を検出した。さらに、伊豆東部火山群では、準リアルタイム地殻変動解析システムにより地殻変動を数時間の遅れをもってモデル化し、システムの有効性を示した。

(オ) このほか、重力変化の解析から北海道駒ヶ岳では、マグマ蓄積量を推定し、安達太良山では、熱水系の消長をとらえた。繰り返し空中磁気探査を行った雲仙岳、九重山、阿蘇山や明神礁では空中磁気探査を行い、九重山では冷却に伴う磁場変化をとらえ、阿蘇山では中岳火口近傍において帯磁を失った領域を抽出することができた。

コメント [i3]: 意見 10

削除: 空中地磁気異常分布の変化を九重山と阿蘇山で検出し、特に

(カ) 海底火山では、北福德堆、若尊、鬼界カルデラを調査し、若尊では気泡の湧出するカルデラ中央付近に地層のずれを認めたほか、桜島方向へ広がる1m深地温の高温域をとらえた。

(キ) 物質科学的な研究では、岩脈の立体的な分布などに関する基礎データや山腹噴火の履歴に関する時系列情報を整理し、応力を媒介としたマグマ貫入の制御機構モデルが富士山などの火山に適用できることを示した。また、有珠山において、定在する二つのマグマ混合が噴火前に起きたことを解明し、時間分解能の高いマグマの化学進化モデルを構築した。薩摩硫黄島では、上部流紋岩マグマ溜りにおける揮発性成分濃度の時間変化を、マグマ溜りの圧力低下、火道内対流による脱ガス、下部玄武岩マグマから揮発性成分の供給という三つのプロセスで説明した。

削除: 火山体構成員

(ク) また、成熟度の異なる火山弧の調査を通じて、固体地球の進化に沈み込み帯でのマグマ活動が重要な役割を果たしたというサブダクションファクトリー説を提案したほか、マンテルウェッジ内の指状を呈する高温域が火山分布を支配していることや、高温マグマの地殻内貫入に伴う未固化なブルトンの再溶融が中間～珪長質マグマの発生に重要であることを西南日本弧・伊豆小笠原弧において示した。伊豆小笠原弧では、島弧地殻の進化と大陸地殻の成長に関する包括的モデルも提案した。

削除: ポニン

削除: ポニンマリアナ

### (3) 火山活動の長期予測と噴火ポテンシャルの評価

#### ① 計画の内容

噴火の長期予測や推移予測の手法を確立するために、活動的火山の中長期的な推移を研究するとともに、静穏期にある火山の噴火ポテンシャルを評価する手法を確立するための研究を行う。

## ②実施状況

(ア) 大学は、富士山においてボーリング調査及び地表調査を行い、得られた試料について、全岩組成、鉱物組成、メルト包有物等の化学分析を行った。桜島について、産業技術総合研究所と共同で、観測井掘削ボーリングコア及び地表火山岩試料について化学分析と年代測定を行った。また、活動履歴と観測データを基に、数十年スケールのポテンシャル評価の方法等について検討を行った。

(イ) 防災科学技術研究所は、富士山周辺の観測井掘削時の岩石コアの岩石学的、層序学的特長を検討するとともに、火山噴出物の間に堆積している有機物を含む土壌について年代測定を実施した。

(ウ) 産業技術総合研究所は、雲仙~~山麓~~で基底に達するボーリングコア及び地表の試料の系統的な年代測定と地質調査を行った。岩手山及び富士山山麓でトレンチ調査を実施し、火山噴火史を解析した。また、伊豆半島地域に分布する火山岩類を採取、年代測定を実施した。

削除: 火山

## ③成果

(ア) 火山活動の長期予測に不可欠な火山活動史に関して、いくつかの火山で新たな知見が得られた。富士山では、組織的な噴火史解析などが行われた結果、富士山山体は、既知の新富士・古富士・小御岳の3期の山体形成期に先立ち、安山岩を主体とする噴出物からなる山体(先小御岳)を形成する活動期があったこと、噴出年代が不明であった過去1万年の山腹噴火の層位と過去2千年間の山腹噴火年代などが明らかになった。また、自然地震を用いた構造探査から推定された10~20kmの低速度層に対応する深部のマグマ溜りから断続的に供給される玄武岩質マグマと浅部のマグマ溜りで分化するマグマの混合が富士山のマグマの多様性を生み出すメカニズムであると推定された。

雲仙~~山麓~~、伊豆半島地域、岩手山及び桜島についても、火山活動の時空間的変遷、その間の噴火様式やマグマの性質の変化などについて新たな知見が得られた。例えば、雲仙~~山麓~~の火山活動が約50万年前に始まり、三つの時代に区分され、時代ごとに噴火様式やマグマの性質が異なることが明らかにされた。

削除: 火山

削除: 火山

(イ) 有珠山、伊豆大島、三宅島、雲仙岳等の事例分析から、数十年スケールの噴火ポテンシャルの的確な評価には、過去の活動履歴の知識に加え、地震、地殻変動などの観測データの10年以上の蓄積やデータ評価の基礎となるマグマ供給系に関するモデルや経験則などが必要であり、これらの条件を全て満たす火山は、10火山程度しかないと結論された。噴火ポテンシャル評価の一例として、数十年以内に顕著な噴火発生の可能性の高い桜島について、予想される活動シナリオ、予想される災害や影響範囲等が示された。

## (4) 火山観測・解析技術の開発

### ①計画の内容

火山噴火予知の高度化と実用化に向けて、新たな観測・解析手法や機器・システムの開発を行う。特に、地下のマグマ供給システムの大規模稠密探査のための観測・解析技術の向上、各種人工衛星・航空機等を用いたリモートセンシング技術の開発と活用、火

口近傍での遠隔観測手法の開発と高度化を推進する。また、火山体内部で進行する諸現象を迅速かつ確に把握するために、多項目観測データ解析手法の高度化及び即時処理と自動評価システムの研究開発を行う。

## ②実施状況

(ア) 大学では構造探査のための高機能小型オフラインロガーを開発し、このロガーを浅間山における大規模稠密探査で使用した。火山体浅部におけるマグマと地下水の相互作用解明のため、伊豆大島の三原山火口周辺で時間領域電磁法探査を継続的に行うシステムの長期運用を開始した。

(イ) 衛星を用いた熱的活動や火山ガス観測では、大学はMODISの赤外データを利用した活火山準リアルタイム熱観測システムを開発し、また産業技術総合研究所ではASTERを用いた観測手法の研究を実施した。航空機による観測では、防災科学技術研究所は航空機搭載MSSの観測手法開発と可視光から熱赤外域までを超多波長帯域で観測する新しいセンサーを製作し、産業技術総合研究所は、ヘリコプターを用い高標高・急峻な火山体でも調査可能な高分解能空中磁気探査システムの開発とこれにより取得されたデータの解析手法の開発を行った。また、国土地理院では、GPSと干渉SARを総合的に解析し、信頼性を高め、情報を最大限に抽出する手法やGPS電波の伝播遅延を利用して噴煙柱内の大気成分の温度分布を推定する手法を開発した。さらに、衛星SAR解析で培った手法を航空機SARによる浅間山噴火時の火口観測に適用した。防災科学技術研究所と国土地理院では、衛星SARにより火口底の変動を把握する手法を開発し、2004年(平成16年)に噴火した浅間山に適用した。

(ウ) 大学や産業技術総合研究所では、二酸化硫黄や水蒸気等の火山ガス測定をより高度化するための新たな機器の開発を実施した。小型紫外分光計を用いた二酸化硫黄放出量測定装置を開発し、三宅島や浅間山、雌阿寒岳などの火山で観測を実施し、噴煙放出量観測に応用した。火山噴煙中の二酸化硫黄分布の可視化装置開発のため、紫外線対応のCCDカメラを用いた装置のプロトタイプを作成し、桜島や浅間山で試験観測を実施した。また、水蒸気放出量測定装置の開発に着手した。

(エ) 大学では、伊豆大島で高精度の地震や地殻変動観測と火山ガス測定などの総合的な連続観測を実施している。また、即時処理システム開発の基礎研究として、長期間の地盤変動データから計器のドリフトや季節変化を取り除くためにベイズ理論を応用し、平成10年～平成14年の岩手山の観測データに適用した。気象庁では、火山活動に伴う地殻変動や地磁気変化を用いて有限要素法により力学的な数値モデルを推定する手法や新しい地磁気解析手法を開発し、手法の評価と実際の観測データを用いた解析を実施した。

(オ) 海上保安庁海洋情報部では、GPS-音響測距結合方式による海底地殻変動観測システムの高精度化及び高度化のため、伊豆半島東方や三宅島西方海域等に設置した海底基準局において海底地殻変動観測を繰り返し実施した。また、噴火した福徳岡ノ場での噴火音測定を試みた。

## ③成果

(ア) 開発された高機能小型ロガーにより多数の観測点を少人数で設置できるようになり、

コメント [14]: 意見 11

削除: た手法を開発し

削除: 1998年

削除: 2002



浅間山で実施した火山体構造探査に使用し、稠密な測線を実現して火山体浅部の詳細な地下構造を得ることができた。伊豆大島で実施している長期間の時間領域電磁法探査により高精度の電気抵抗時間変化の三次元的なイメージングが可能になった。

(イ) 衛星データを利用した活火山準リアルタイム熱観測システムにより、浅間山で噴火に先行する熱異常レベルの上昇を見いだした。三宅島から放出される二酸化硫黄ガス放出量を衛星や航空機搭載 MSS により推定し、COSPEC で測定した値と同等の放出量であることが確認できた。航空機搭載 MSS による温度観測では、複数の画像合成により噴火の影響を低減させる温度観測手法を開発した。高分解能空中磁気探査システムの開発により、全ての火山での調査が可能になり、また高度化した解析手法により精緻な地下構造推定が可能になった。三宅島での GPS 電波遅延量観測値から噴煙柱の大気成分の温度推定に成功した。干渉 SAR 解析により GPS 観測点の安定性が評価でき、信頼性の高い地殻変動解釈に有効であることが分かった。航空機 SAR のデータ解析により、浅間山噴火時の溶岩噴出量の経時変化が推定することができ、また衛星 SAR 画像の火口壁の影から火口底の変動を検出する手法により、浅間山の火口底変動を把握することができた。

(ウ) 小型紫外分光計を用いた放出量測定装置を開発し、従来の放出量測定装置 (COSPEC) より重量・大きさともに、数十分の 1 に小型化でき、さらに三宅島や浅間山で実用的に使用できる段階に到達した。携帯型センサーを用いた噴煙化学組成観測装置の開発により、従来観測が困難であった活動的火山の火山ガス化学組成の観測が可能となった。噴煙中二酸化硫黄分布の可視化装置の開発により、秒スケールの噴出量変化まで検出可能になった。

(エ) 伊豆大島における多項目連続観測により、地震活動、地殻変動、火山ガス濃度の連動的変化が明らかになり、マグマ活動のモデル化のために重要な情報を得た。新しく開発した地盤変動解析手法を岩手山の地殻変動データに適用し、変動源のモデル化に活用した。有限要素法による地殻変動データや地磁気データの総合的解析ソフトウェアの有効性が確認され、浅間山などの観測データに有効に活用された。全磁力観測では開発された確率差分法を用いた火山性変動抽出手法を三宅島等の全磁力連続観測データ処理に導入した。GPS については、山体を遠方からカバーする観測網と山体に分布する網を合体して解析する手法を開発し、単純な連結に比べ、信頼性が大幅に向上した。また、簡易気象補正法の考案により口永良部島の微細な地殻変動の検出に成功した。

(オ) 海底地殻変動観測は、観測及び解析手法の改良により、再現性が向上し、海域での火山性地殻変動観測に適用できる見通しがついた。

削除: を

削除: を

削除: 付

## (5) 国際共同研究・国際協力の推進

### ①計画の内容

火山噴火予知の高度化、特に火山活動の推移や噴火様式の予測に関する研究の進展を図るため、国際共同研究を推進する。あわせて、技術協力、研修生・留学生の受け入れ等を通して国際的な火山噴火予知研究のレベルの向上に資する。さらに、世界の中で我が国が、火山噴火予知研究の拠点となることを目指す。

## ②実施状況と成果

(ア) 大学や国土地理院では、国外の大学や省庁などの研究機関と学術協定締結などの連携を通じて、インドネシア、フランス、アリューシャン、カムチャッカ、台湾などの活火山の観測研究を実施した。また、英国ロンドン大学と連携し、東アジアの火山活動に関する衛星データの解析システムの構築を試みた。防災科学技術研究所は、USGS と共同で硫黄島カルデラ調査を、イタリア国立地球物理学研究所と「火山溶岩流災害軽減手法の開発」研究を実施した。産業技術総合研究所は、オーストリア地質調査所と共同でイタリアの活火山の空中磁気、重力探査を実施し、火山の浅部地下構造を明らかにした。イタリアの国立地球物理学研究所や大学と協力して噴煙観測を実施し、火山ガス供給過程のモデル化を行った。また、インドネシアのカルデラ火山の共同調査を、エネルギー・鉱物資源省地質鉱物資源総局と実施し、カルデラ火山の噴火経緯について明らかにした。大学、産業技術総合研究所、防災科学技術研究所などが中心となり、5か国の研究者が参加した雲仙科学掘削では、先の噴火の火道試料を採取しマグマ上昇のモデルを提案した。

削除: 科学技術協定を通じて

(イ) 海外での突発火山噴火の対応として、2002年 (平成14年) のパプアニューギニア、パゴ火山の噴火において、気象庁と大学は、緊急援助隊専門家チームを派遣し総合調査を行った。パプアニューギニアやマリアナの火山活動を評価し、地元自治体に対して助言を行った。また、2003年 (平成15年) に噴火したマリアナ諸島アナタハン火山において、大学はUSGS 及びサイパン危機管理局と連携して観測研究を実施した。

(ウ) 大学、防災科学技術研究所、気象庁は、国際協力機構の「火山学・総合土砂災害対策」、「地震津波火山観測システムの運用・管理」などの集団研修員や留学生を東南アジア、中米などから受け入れた。また、防災科学技術研究所は、エクアドルに専門家を派遣するとともに、火山観測データの解析手法について技術協力をした。さらに、気象庁は、フィリピン火山地震研究所に対する技術協力のため、専門家や調査団の派遣と研修員の受け入れを行った。

削除: 等

(エ) 気象庁は、東京VAAC(航空路火山灰情報センター)において、カムチャッカからフィリピンに至る領域の火山灰の実況及び拡散予測情報を、関係機関、航空会社等へ提供し、航空機の安全運行に寄与した。

## (6) 評価と課題

### ①噴火の発生機構の解明

物理観測に基づく研究では、浅間山、三宅島、八丈島で火山流体の移動が観測によって把握でき、流体移動のモデルが作成された。また、マグマ上昇過程における火山近傍における地下水観測の有効性も明らかにした。そこでは、火口近傍での観測と基盤構造データなどを加えたシミュレーションが重要である。

削除: の重要性、

物質科学の分野では、掘削試料や噴出物の解析及び火山ガス組成測定により、マグマの上昇・脱ガスなどの噴火過程に関する理解が進んだ。今後、噴火予知の高度化のためには、更にそれらの過程の深さ変化などの理解が不可欠であり、掘削による試料採取と解析、室内でのマグマ上昇の再現実験、ガス浸透圧など地下の条件での物理量測定など

の結果を用いたモデル化及び物理観測を加味した総合モデル化が重要である。

## ② マグマ供給系の構造と時間変化の把握

人工地震探査により、北海道駒ヶ岳、富士山、口永良部島において、これまでの探査と同様に山体直下の地震波速度の高い領域の盛り上がりをとらえるなど、浅部地震波速度構造が明らかになり、震源の決定精度を高めることが可能になった。この高速度域の盛り上がりは、雲仙岳においては火道掘削により確かめられた。また、富士山、岩手山、浅間山において、人工地震と自然地震観測の結果を併用し解析深度の増大を図ったこと、雲仙岳で反射波の後続波解析により解析分解能を向上したこと、及び富士山、浅間山において、地震波速度だけでは解像度が不十分であった深度の火山流体の分布を、地震波速度データと合わせて電気比抵抗データから明らかにしたことは大きな前進であると評価される。

一方、岩手山、磐梯山、伊豆大島、三宅島、硫黄島、雲仙岳では、地震や地殻変動の定常的観測データ等に基づき、マグマ供給系や熱水系のモデル化が進み、いくつかの火山では、マグマ供給系の時間変化もとらえることが可能になった。これらは地震や地殻変動観測などの積み重ねが重要な役割を担っており、観測網の整備と高度化が今後も必要である。

コメント [15]: 意見 12

削除: 老朽化している観測網の更新を含めて、

富士山、雲仙岳などでは、掘削やトレンチ調査により、マグマ組成の時間変化に関する情報が得られた。また、雲仙岳、有珠山、薩摩硫黄島では、マグマ貫入、マグマの化学的進化、及び脱ガスのモデルがそれぞれ提案された。今後、上記の結果に、現在の物理化学観測データを加味した統合的なモデル化が必要である。さらに、発達過程の異なる火山弧においては、物質科学的な研究及び地球物理学的観測研究から、マグマの発生や進化過程に関するモデルが提案された。今後は、得られた研究成果を更に噴火予知に絡めたマグマ過程の研究へと結びつけることも必要である。

## ③ 火山活動の長期予測と噴火ポテンシャルの評価

富士山などのボーリングを含む地質調査、系統的な岩石の化学分析や年代測定が組織的になされた火山では、長期予測と噴火ポテンシャル評価の基礎となる新たな知見が得られた。しかし、火山活動の長期予測を目的とした組織的な調査研究は端緒にいたばかりであり、今後、この種の組織的な調査研究を計画的に実施する必要がある。

より短期的な噴火ポテンシャルの評価に必要な地震や GPS などのデータの蓄積も進んでいるが、モデルや経験則に基づき中期的な観点から噴火の可能性を評価できる活火山は一部である。今後、噴火ポテンシャル評価が可能な火山数を増すためには、常時観測体制の整備と併せて、集中総合観測や火山体構造探査等の観測研究を実施する必要がある。

削除: 合わせて

最近の噴火例からも自明なように、静穏期の長い火山では大規模噴火や顕著な地殻変動などの異常が発生する可能性がある。過去に大規模噴火が発生していて静穏期の長い火山やカルデラについても、総合的な調査研究を実施する必要がある。

## ④ 火山観測・解析技術の開発

人工地震、自然地震、電磁気を併用した探査によってより詳細な火山体構造を得ることができるようになった。しかし、マグマ溜りを含む深部構造の解像度を上げるためには、自然地震の高密度観測及び導入が開始された小型データロガーの活用に加えて、更なる解析法の工夫や技術開発が必要である。

削除: と時間領域電磁観測の併用、

人工衛星や航空機によるリモートセンシング技術が火山の地殻変動観測、空中磁気観測、熱やガス測定に有効であることが実証された。特に、干渉 SAR は、既存衛星でも火山の地殻変動把握に有効であることが示された。さらに、火山噴火予知に有効な地殻変動データを得るためには、運用を始めた「だいち」や干渉 SAR と GPS データの併用を含めて、継続して観測衛星を使用できることが重要である。

小型火山ガス測定装置の実用化に成功し、火山ガス観測の機動力が格段に向上した。今後は、分析精度の向上や火山噴煙中の二酸化硫黄分布の可視化装置や水蒸気量測定装置の継続的な開発が必要である。

開発した多項目観測データの即時処理・自動評価システムの有効性が確認できた。今後、観測データの高品質化や多量化に適した手法開発やデータ処理の自動化とともに、関連する複数機関の観測データを統一的に解析できる体制を整えるなど、噴火予知に役立つ枠組みの構築が望まれる。また、海底火山の活動に関しては、海底地殻変動観測や水中音によるモニタリング法などの観測システムの開発、更なる観測機器の整備や実験観測が必要である。

#### ⑤国際共同研究・国際協力の推進

研修生や留学生は、我が国で学んだ技術・知見を本国で火山観測に活かし、自国の火山学の発展や火山防災に寄与している。また、外国の火山に関する共同研究や噴火への緊急対応は、地元防災機関への貢献だけでなく、国内火山との比較研究や大規模噴火の事例研究として、火山噴火予知の高度化を行う上で有効であることが示された。今後も外国火山での共同研究を発展させるためには、恒常的観測網の設置や維持のための資金と日本側研究者の確保が重要である。また、そのような可能性のある火山地域の観測を展開している研究者や機関との連携網を作ることも重要である。今後、雲仙科学掘削プロジェクトのような、多機関が参加できる物理・化学観測と物質科学分野を含めた国際共同研究も推進することが必要であろう。

削除: 緊急

### 3. 火山噴火予知体制の整備

第7次計画では、火山噴火予知の高度化を図るため、防災機関、大学、研究機関は、それぞれの役割分担を明確にして、監視体制の充実・高度化を図り、迅速かつ総合的な活動評価とこれに基づく実用的な情報を発信する体制、広範な基礎研究を推進するとともに、将来の火山噴火予知を担う研究者を養成する体制、火山噴火予知技術の体系化と実用化を目指した研究を推進する体制の強化・整備を進めることとした。また、これら体制の強化と併せて関係機関が連携して火山噴火予知体制の機能強化、火山活動に関する情報の向上と普及、基礎データの蓄積と活用などに取り組むこととした。

削除: 計画

#### (1) 火山噴火予知体制の機能強化

##### ①計画の内容

火山噴火予知の高度化を目指して、監視観測体制の整備を進めるとともに、基礎研究の進展のために、大学の法人化後も各大学の研究施設の機能確保に努め、さらに、火山噴火予知技術の体系化に向けた開発研究を強力に進めるための体制の整備を図る。また、火山噴火発生や活動推移の確かな予測に向けて、火山噴火予知連絡会の機能強化を図るとともに、研究者の育成・流動化の促進を図り、将来の火山噴火予知に備える。

##### ②実施状況と成果

気象庁は、火山監視・情報センターの運用を開始し、関係機関から観測データの提供を受けるとともに、今期間に火山活動の活発化がみられた複数の火山で、多項目の観測を強化するなど、監視観測体制の整備に努めた。

大学は、法人化後の各大学の研究機能確保を目指して、火山噴火予知研究協議会を中心に、関係大学が協調して予算要求するなど、大学間の連携を強化した。さらに、火山噴火予知研究協議会は、火山体構造探査及び集中総合観測の候補火山の決定、実施方法の検討、及び他機関との火山観測データ交換の考え方、協定作りなどでも大学間の意見調整に重要な役割を果たした。2004年(平成16年)浅間山噴火に際しても、火山噴火予知研究協議会が中心となった全国連携での観測研究が実施され、噴火状況を把握する一定の成果が得られた。

削除: 火山噴火予知研究協議会が

削除: この結果、深部の地下構造探査のより効率的な方法として、自然地震探査、電磁気探査を併用した構造探査法が採用され、浅部構造のみでなく、マグマ溜り周辺の情報も得られるようになった。  
浅間山

十分に観測スタッフが配置されていない施設では、学内に研究協力支援部門を設置するなど、関係研究者の協力を得て研究体制を充実するための方策を試みた。

また、全国共同利用研究所の枠組みを通じて全国の大学、研究機関と共同研究を推進し、基礎研究の推進に努めた結果、例えば、約1世紀近くになる火山性地震観測の成果をレビューした火山性地震・微動のデータベースが作成されるなど、今後の研究を展開していく上での参考になる成果が得られた。

後継者の育成を目指して、学生を積極的に受け入れるとともに、大学院の社会人入学制度を活用して関係機関の職員を受け入れることにより、火山活動の監視・評価技術等の質的向上に寄与した。

気象庁は、火山噴火予知研究関係者間の情報共有を図るために、火山噴火予知連絡会委員向けのホームページを開設した。また、火山噴火予知連絡会の本会議資料の事前配

布やテレビ会議システムなども活用した事前意見交換を行い、火山噴火予知連絡会の会議運営の効率化が行われた。各機関の会議資料の電子ファイル化と事前提出により、事務局による各火山ごとの資料取りまとめが可能となり、定例会での資料検索が効率化された。

削除: の効率化が行われた。

火山噴火予知連絡会本会議は、テレビ会議システムによって各火山監視・情報センターや地方気象台に中継され、情報の共有化が図られている。火山監視・情報センターなどが地元大学と頻繁に火山活動資料の検討を行い、火山活動評価能力の向上が図られた。

削除: な

これらに加えて、火山業務に係る職員数を増やし、火山噴火予知連絡会事務局機能の強化を図った。

削除: 通じて

## (2) 火山活動に関する情報の向上と普及

### ①計画の内容

- (ア) 気象庁は、火山噴火予知連絡会に関係する機関の協力の下、火山活動に関する情報の質的向上を図るため、火山活動度を数値レベルで分かりやすく表現する対象火山を順次増やす。また、火山情報を社会に効果的に活かすために、地方公共団体等防災関係機関に対して、火山情報や火山噴火予知連絡会の活動評価結果を解説するとともに、適切な助言を行う。さらに、防災機関や住民が火山に関する情報をより一層容易に利用できるよう、火山情報や火山活動の状況等をインターネット等を通じて積極的に発信する。
- (イ) 海上保安庁海洋情報部は、海域及びその付近における火山噴火等の情報を収集整理し、船舶の安全航行確保のため、航行警報による情報提供を行う。
- (ウ) 気象庁及び関係機関は、火山活動に関する情報の地域防災への有効活用を図るために、市町村などの防災担当者、さらには工学及び社会科学等他分野の専門家を交え、適切な情報の在り方、適切かつ迅速に情報伝達するための手法等について検討する。
- (エ) 気象庁及び関係機関は、防災行政担当者、報道関係者、火山周辺の住民を対象に、火山活動や火山防災に関する研究会・勉強会を適宜開催するとともに、ハザードマップ作成等の防災施策に対して専門家として助言を行うなど、火山学や火山防災知識の普及活動を積極的に推進する。

### ②実施状況と成果

- (ア) 気象庁は、火山活動度を定量的に評価し発表する方法として火山活動度レベルの導入を進め、平成 15 年 11 月に浅間山、伊豆大島、阿蘇山、雲仙岳及び桜島の 5 火山で、平成 17 年 2 月に吾妻山、草津白根山、九重山、霧島山、薩摩硫黄島、口永良部島、諏訪之瀬島の 7 火山で火山活動度レベルの公表を開始し、火山活動の状況をより分かりやすくした。

また、地方公共団体などの防災関係機関に、説明会を開催するなどして火山活動の解説を行った。浅間山、雌阿寒岳、桜島の噴火の際には、周辺の自治体等で構成される協議会において、火山活動の状況を説明し適切な防災対応のための助言を行った。

全都道府県への情報伝達の迅速化を図るため、オンライン情報提供システムの高度化を推進し、平成 15 年度までに完了した。さらに、平成 18 年には市町村及びその他の防

災関係機関の火山情報の利用をより効果的にするために、インターネットのウェブや電子メールを活用するなど情報提供の多角化を図った。また、気象庁からの情報をより多くの人が容易に利用できるように、インターネット上の気象庁ホームページを活用して火山情報を速やかに公表するとともに、火山活動の状況を解説した資料を定期的に掲載している。これらにより、火山情報の伝達体制が強化された。

(イ) 海上保安庁海洋情報部は、南西諸島、南方諸島地域の火山活動について情報収集を行い、船舶の航行安全確保のために平成 14～18 年度の 5 年間に、37 回の航行警報を発表した。定期巡回監視及び臨時監視等による情報の連絡体制を確立しており、速やかな航行警報の発出を行っている。

(ウ) 気象庁及び関係機関は、関係する省庁や都県とともに、火山情報の在り方や伝達手法について有識者等の意見を聴取しつつ検討を進めた。その一つとして、平成 13 年に社会科学や工学の専門家を含む「富士山ハザードマップ検討委員会」が設置され、火山情報の出し方などについても取りまとめが行われた。また、その検討結果は、国、県、市町村の役割分担と具体的な防災対策を含む「富士山火山広域防災対策基本方針」として平成 18 年 2 月に中央防災会議において決定された。

また、気象庁は、随時自治体から意見聴取を行い、火山情報の問題点等の把握に努めた。特に、2004 年 (平成 16 年) 浅間山噴火の後には、火山情報の活用状況などを把握するために、住民対象のアンケート調査及び地元自治体防災担当者へのヒアリングを行った。その結果によれば、現状の火山活動度レベルの認知度はあまり高くないとみられ、啓発活動の重要性が認識された。

(エ) 気象庁及び関係機関は、樽前山、北海道駒ヶ岳、有珠山、浅間山、富士山、雲仙岳、桜島など様々な火山について、勉強会、出前講義、講演会、防災登山、新聞や TV 等での解説などを通して、防災関係者、自治体職員、地元住民、学生や生徒、報道関係者等への火山及び火山防災の知識の普及、啓発を行った。雲仙岳についての日頃の啓発活動による意識向上もあり、平成 19 年の火山都市国際会議を島原市で開催することになった。

削除: 講座

また、各火山のハザードマップ作成に専門家として参加したほか、地域の防災対策連絡会議などのメンバーを務め、火山防災対策に関する助言等を行った。桜島では、改訂の助言・指導を行った桜島火山防災マップが、平成 18 年 3 月に出版公表され、昭和火口からの噴火に際しては、活動の見通しや必要な規制についての解説が新たな警戒区域の設定等に反映された。

### (3) 基礎データの蓄積と活用

#### ①計画の内容

火山活動の評価と予測において、その基礎となるデータの整備と活用は重要な課題であるため、精密な地形図や火山地質図等の様々な地図情報の整備を推進する。また、噴出物量、岩石学的分析、年代決定等に関する精密で定量的な基礎データの整備を一層進め、より詳細な噴火史を明らかにする。

さらに、噴火の前兆現象を始め、特に社会対応で重要となる噴火開始後の活動推移の予測や終息の判断を支援する基礎データ収集と整理を行うとともに、それらのデータフ

ファイルに基づき予測データベースを開発し活用することを目指す。データベースの作成と活用においては、国際的な研究協力を積極的に取り組む。基礎資料の公表や活用においては、電子出版やインターネットなどの形態も活用する。

## ②実施状況と成果

約1世紀近くにおよぶ火山性地震観測の成果をレビューした火山性地震・微動についてデータベース化が進められるとともに、集中総合観測、機動観測、火山体構造探査による観測データ蓄積が行われ、活動評価や予測に用いられた。また、活火山の評価に当たり、火山活動度指数を量的に定めるなどの基礎データを作成した。これに基づいて活火山が、108火山に見直され、活動度がA、B、Cの3ランクに分類された。一方、WOVO (World Organization of Volcano Observatories) の火山データベースとの連携についてUSGSと協議が行われた。

削除: あたり

火山地質図は、岩手山、三宅島の火山地質図が刊行され、既存の13火山の地質図のweb版や日本の第四紀火山の基礎データの公開、岩手山及び三宅島の詳細データ集(CD-ROM版)が出版された。火山関連の5万分の1地質図としては、八甲田山、開聞岳が刊行された。さらに、口永良部島で火山地質図、富士山の地質図編集が進められた。富士山、雲仙岳、岩手山などにおいては、ボーリングやトレンチの採取試料を用いて、噴出物の年代測定、化学分析の基礎データが系統的に蓄積された。これらにより、三宅島、岩手山、富士山、雲仙岳における詳細な噴火履歴が明らかにされた。また、全国の火山ハザードマップを収録した「日本の火山ハザードマップ集」(DVD-ROM版)が刊行された。

火山基本図を秋田焼山、富士山、三宅島、雲仙岳、東伊豆単成火山群、薩摩硫黄島、諏訪之瀬島について、火山土地条件図を磐梯山、富士山、伊豆大島について刊行した。平成18年度に、火山基本図「伊豆大島」、火山土地条件図「安達太良山」を刊行する予定である。また、数値地図10mメッシュデータ(CD-ROM版)が13火山について刊行済みであり、さらに11火山を追加して刊行する予定である。

コメント [1]: 意見13

削除: について刊行される

空中赤外映像装置により三宅島や浅間山などの火口温度状況の変化や他の火山の温度分布画像が取得された。また、浅間山、有珠山、岩手山、富士山の空中磁気異常図が作成され出版された。さらに、日本、フィリピン及びインドネシアの主な火山についてのASTER画像のデータベース化と、時系列画像のインターネット上での公開が行われた。

削除: を

削除: し

削除: として

削除: された

削除: 地震計

削除: を

硫黄島、南日吉海山、北福德堆、明神礁、福德岡ノ場、硫黄島、八丈島、伊豆大島、新島、若尊、鬼界カルデラ、口之島、横当島、諏訪之瀬島などの海底火山、火山島においては、海底地形、地磁気、重力、地震、海底地質構造調査結果のデータベース化及び海域火山基礎情報図が作成され、インターネットで公開された。

## (4) 地震予知観測研究等との連携強化

### ①計画の内容

火山噴火予知の高度化及び活動評価のため、火山噴火予知計画による観測網の整備に加えて、火山近傍での基盤的調査観測網や地方公共団体等の観測網を有効活用する。ま



た、地震予知観測研究等と連携して火山活動と広域地殻活動との関連や火山体の深部構造に関する共同研究を推進する。

## ②実施状況と成果

気象庁は、地震の基盤的調査観測網のデータの中から、火山近傍の観測点のデータを活用することにより、火山の地震観測網がない火山についてもある程度の火山性地震活動の監視が可能になった。また、東京都やその他の地方自治体から地震観測データの分岐を受けることによって、観測点の複数点化など観測体制の強化が図られた。

大学と防災科学技術研究所は、常時及び臨時火山噴火予知観測網と地震予知観測網や基盤的調査観測網等の地震観測データを併せて用いることにより、火山深部の構造やより広域の地殻・上部マントル構造の研究を進めた。特に、富士山においては、基盤的調査観測網を含む既存常時観測点と臨時観測点の地震データを統合した長期稠密地震観測を実施し、自然地震による深部構造解明のための観測研究を実施した。その結果、深さ10～15kmの深部低周波地震発生領域の地震波速度が低速度であることが明らかになり、低周波地震の発生機構に関して重要な知見が得られた。さらに、御嶽山において地震予知観測網や基盤的調査観測網及び長野県・岐阜県の防災用テレメータ観測網を活用した臨時地震観測を実施し、山体を通過する地震波が大きく減衰することを明らかにした。

大学では、火山噴火予知研究協議会が、平成18年に地震予知研究協議会と統合し、新たに地震・火山噴火予知研究協議会が発足した。この合併により、旧火山噴火予知研究協議会は、火山分科会として活動することになった。

## (5) 評価と課題

### ①火山噴火予知体制の機能強化

(ア) 火山監視・情報センターの運用開始や関係機関からの観測データ提供、機動観測における多項目観測等によって、火山監視機能の強化と高度化が図られた。しかし、まだ監視体制が十分に整備されていない火山も多く、順次監視体制の拡充強化を図る必要がある。

(イ) 火山噴火予知連絡会は、情報の事前交換やテレビ会議システムの導入により、会議運営の効率化が図られ、また、気象庁の火山業務に係る職員の増員により事務局機能が強化されたことは評価される。

(ウ) 観測体制が十分に整備されていない施設で設置された研究協力支援部門は、研究体制を充実させる上で重要であった。しかし、今後の財政的な支援に問題が残るなど根本的な解決策とは言えない。また、大学では、活発な活動が続く桜島などを共同利用のフィールドラボラトリーと位置付け、共同研究を多数実施してきたが、法人化後に進行中の教員や技術職員の削減が今後も継続すると共同利用のフィールドラボラトリーとしての機能が果たせなくなる蓋然性が高い。大学における火山噴火予知体制の機能強化のため、研究者や技術者の確保は重要であるが、本計画期間中に人員の確保がされず、今後の体制強化に向けた各大学内での取り組みや新たな枠組みの構築などによる人員確保が必要である。

(エ) 研究者養成の成果は、本計画期間の前半には実現できたものの、近年は火山学を志

コメント [i2]: 意見 14

望する大学院生が少ない状況が続いており、見通しは明るくない。研究活性化のためには、学生の確保に努める必要がある。また、今後も社会人入学制度等を活用しての関係機関の職員の受け入れによって、火山活動の監視・評価技術等の向上を図る必要がある。

(オ) 火山噴火予知技術の体系化・実用化を進めるためには、研究体制の組織的整備が不可欠であることが建議で指摘されたにも関わらず、本期間中には体制整備につながる具体的な動きは見られなかった。

(カ) 気象庁では、集中総合観測や火山体構造探査など、大学との共同観測・研究に参加する体制が確立された。

## ②火山活動に関する情報の向上と普及

(ア) 火山で導入した火山活動度レベルは、浅間山噴火の事例のように、火山情報を分かりやすくし、防災対応の実施を円滑にする効果があり、今後、他の火山でも順次火山活動度レベルの導入を進める必要がある。しかし、浅間山においても必ずしも火山活動度レベルの認知度が高いとは言えない。また、火山活動度レベル4以上では防災対応とのリンクが不明確で、その改善が必要である。

削除: ず、

(イ) 火山情報では、(桜島 2006 年 (平成 18 年) 活動時の火山情報のように) 依然として専門用語や分かりにくい表現が用いられている場合があり、平易な表現の使用や火山の知識の普及を進める必要がある。

(ウ) 中央防災会議の「富士山火山広域防災対策基本指針」で、防災対策の起点となる火山情報を明確に位置付けたことは、先進的なケースとして意義が大きい。今後、この成果を他の火山に活用していくために、富士山とは異なる検討事例の蓄積を図っていく必要がある。

(エ) 平素からの啓発活動によって、火山防災への意識向上が可能であり、今後も地元関係機関と連携しながら、住民講座などの啓発活動を継続する必要がある。また、桜島など一部の火山では、大学、気象庁等の努力によって、住民や行政が期待する火山活動に関する知識の普及、火山防災への助言が行われている。ただし、全国の火山で行うには、火山専門家の数が不足しており、今後 NPO 法人なども視野に入れた人材活用を図る必要がある。

## ③基礎データの蓄積と活用

(ア) 火山性地震データベース、定期的及び総合的な観測や探査によって各種のデータが取得され、火山現象の判断に活用されている。また、世界の火山に関する火山活動のデータベース化が噴火予知に有効で、その構築のために USGS などとの連携を進める必要がある。

(イ) 活動度の高い活火山から順次、地質図、火山基本図、火山土地条件図の刊行や公開が進み、また、噴出物の年代や化学分析値などのデータベースが整備されつつあるが、刊行には至っていない。

(ウ) 「日本の火山ハザードマップ集」が編集刊行され、火山防災のための基礎資料として活用が期待される。

(エ) 地殻変動の面的把握に有効である衛星 SAR 観測のデータベース化が重要である。また、

東アジアの主な火山のASTER画像をデータベース化し、時系列画像として公開するなど、各種データのwebを中心とした公開が進んでいるが、今後はより一層使いやすく、効果的なデータベース構築が必要である。

削除: いっそう

#### ④地震予知観測研究等との連携強化

(ア) 地震観測網がない火山周辺の地震活動の監視は、基盤的調査観測網の活用や地方自治体からのデータ提供によって強化され、火山監視体制全体が底上げされた。

(イ) 火山噴火予知研究協議会と地震予知研究協議会の統合が行われ、これまで両協議会が独立の考え方で進めていた観測研究を整合的に進める努力が始められた。また、それぞれの予知研究と防災に対する社会的背景も異なるため、これまでは研究としての統合性はまだとれていなかったが、今後、地下構造解析、機器開発などの共同研究を通じて、連携を進めていくことが望ましい。

コメント [i3]: 意見 14

削除: たが

削除: 研究分野の違いを反映して、観測研究に対する考え方が両協議会では大きく異なる。

削除: い

削除: 。

削除: が進められる

(ウ) 地震予知観測研究等との連携によって、マントルウェッジ内のマグマ発生域から上部地殻内のマグマ溜りに至る火山深部構造の解明に引き続き取り組む必要がある。また、深部低周波地震の発生機構を解明するためにも火山深部構造の研究が必須であり、低周波地震発生場の地震波速度及び減衰構造異常をより定量的に明らかにする必要がある。

## 4. 特定火山の評価

### (1) 浅間山

#### 1. 火山活動の状況

浅間山は、歴史上数多くの噴火を繰り返してきた我が国でも最も活動的な火山のひとつである。1108年、1783年には規模の大きな噴火が発生して火砕流や岩屑なだれ、溶岩流が発生し甚大な災害をもたらした（天仁、天明噴火）。19世紀末から20世紀中頃までは活発な山頂噴火を繰り返した。20世紀の後半からは、1973年（昭和48年）の噴火後、マグマが噴出する活動はなく、1982年（昭和57年）～1983年（昭和58年）の噴火や1990年（平成2年）の小規模な噴火の後、時おり火山性地震の多発がみられたものの、比較的静穏な火山活動が続いていた。

2000年（平成12年）頃から火山性地震の多発や噴煙活動の活発化等、時おり火山活動に高まりが見られるようになり、2003年（平成15年）2月～4月には少量の火山灰を放出した。その後も噴煙活動や地震活動に活発な状態が続いた。2004年（平成16年）5月頃からは、地下へのマグマ注入によると考えられる地殻変動が観測されるようになり、7月下旬からは山頂の近傍でも地殻変動が観測され、火口底の温度上昇等が観測された。

2004年9月1日、山頂火口で爆発的噴火が発生し、火口北東約4kmに最大径10cmの火山岩塊が降下する等、風下に火山礫、火山灰が降下した。9月16日～18日には小爆発を断続的に繰り返し首都圏でもわずかに降灰が認められた。この時期に、新たな溶岩が火口に出現し火口底が約50m上昇した。その後も12月初旬にかけて噴火を繰り返した。火山ガス中の二酸化イオウ（SO<sub>2</sub>）放出量は増加し噴火後に最大4700トン/日が観測され、2004年末まで高いレベルで推移した。

2005年（平成17年）に入ってから地震活動や噴煙活動が活発な状態が続き、山体の膨張は継続したが、2005年の夏頃には地震活動・地殻変動ともに以前の状態に戻った。また、火口温度は噴火後やや低下したが、2005年末でも微弱な火映現象が見られるなど火山活動はやや活発である。

#### 2. 火山活動に対する対応

##### (1) 実施状況

浅間山とその周辺では、大学、気象庁、防災科学技術研究所による地震観測が行われている。大学では、2004年9月1日噴火の直前から山頂部の地震観測を強化し、噴火開始後には、大学、気象庁が火口を取り囲む地震観測網を更に強化した。また、大学と気象庁は、リアルタイム地震データの交換を行い地震観測体制を強化した。

地殻変動については、国土地理院、大学、気象庁によってGPS、傾斜計、光波観測が行われている。噴火開始後には、国土地理院、大学、気象庁は、GPS観測点及び傾斜計観測点を増設し、地殻変動観測網を強化した。また、噴火開始後から水準測量の定期的観測を大学が開始した。

大学では、噴火前から重力観測を、噴火開始直後には絶対重力の連続観測を実施した。

SO<sub>2</sub>放出量測定は、気象庁、大学によって噴火前から断続的に行われていたが、噴火開始後は産業技術総合研究所も加わって共同で繰り返し観測を実施した。

噴煙状況や火口の熱観測は、航空機搭載型や地上設置型赤外映像装置によって気象庁、防災科学技術研究所、大学によって実施された。噴火中の火口の地形変化は、国土地理院、防災科学技術研究所による航空機や衛星搭載型合成開口レーダーによる観測、大学、気象庁、産業技術総合研究所による現地調査及び航空機からの目視観察が実施された。さらに、噴出物の堆積状況や噴出物の化学分析は大学、産業技術総合研究所によって行われた。

気象庁は防災機関として浅間山の火山活動を監視し、火山活動の変化に応じて火山情報を発表した。2004年9月1日の噴火7分後に臨時火山情報を発表し、火山活動度レベルを2（やや活発な火山活動）から3（小～中規模噴火）に上げた。また、火山活動の低下した2005年6月には、火山活動度レベルを3（小～中規模噴火）から2（やや活発な火山活動）に下げた。

地元自治体等防災機関に対しては、気象庁や大学が活動の解説、助言を適宜行った。火山噴火予知連絡会では、観測データの総合的評価を行い、統一見解を発表した。

## （2）具体的成果

2004年9月噴火に先立って、火口直下数百mまでに起こる特異な長周期振動の発生頻度が低下し、一週間前には起こらなくなっていたことが分かった。山頂直下の地下水等の流体が、上昇してくるマグマの熱で消失するモデルが考えられた。また、山頂火口から地下約4kmまで垂直にB型地震発生域が、さらに、そこから地下約4kmで西方に広がるA型地震発生域が確認された（図1）。それぞれ、火道と板状のマグマ溜まりの上面と対応付けられた。また、中規模程度の噴火に伴った爆発地震の波形解析から、火道上部を占めるマグマ柱の栓部除去・マグマの発泡・爆発が連続して起こるモデルが提案され、爆発メカニズムの解釈が進んだ。

地殻変動観測からは、噴火の数ヶ月前から浅間山の地下約4kmにあった板状のマグマ溜まりが膨張したことをとらえた。噴火までの体積増加量は、約700万 $\text{m}^3$ となり、今回噴出したマグマ量（約200万 $\text{m}^3$ ）より多い。

主な爆発的噴火の数～30時間前に傾斜変化が認められ、9月末以降の噴火については、噴火前に火山情報を発表して注意を呼びかけることができた。主な噴火イベントに先駆けて、浅間山の中腹にある観測点では、絶対重力値が増加から減少に転じる規則性が認められた。これは、火口直下にあるマグマヘッドの上昇によってこの変化が生じるモデルが提案された。光波測距によってもマグマ上昇に伴う距離変化をとらえた。

$\text{SO}_2$ 放出量は、主な爆発的噴火及び9月中旬の連続噴火時に多く、地震活動レベルの変化と調和的である。噴火後も $\text{SO}_2$ の放出が連続的に続いたことから、三宅島2000年噴火と同様に、噴火後に地下に安定な火道が存在し、マグマの脱ガスに伴う火道内マグマ対流が生じているというモデルが提案された。

航空機や衛星搭載型の合成開口レーダーを用いた山頂部の繰り返し観測により、噴煙のため観測が困難であった火口内においても地形判読が可能となり、溶岩が主に9月中～下旬に噴出したことが明らかにできた（図2）。

噴出物の分布調査と火口観測により、2004年噴火の規模は、似た噴火推移をたどった1973年噴火よりも小さいことが分かった。9月1日噴出物は、ほとんどが古い山体の岩石片であり、パン皮火山弾としてマグマ物質を少量含んでいた。9月中旬以降は、ほとんど

がマグマ物質に置き換わった。火山灰の揮発性成分分析から、9月1日の噴出物は、火口内で長期間高温の火山ガスにさらされていたこと、9月中旬噴出物は脱ガスが進行したマグマ物質であることなどが示された。

### 3. 今後の課題と展望

噴火に先立ち火口直下の低周波地震の発生頻度が低下したことや、絶対重力計によるマグマヘッドの移動をとらえることができた。また、傾斜観測により浅間山の噴火でも前駆する地殻変動を検出できることが分かった。これらの成果を考慮すると、今回発生したような中規模程度の噴火の開始や推移を予測する上では、高精度の連続観測ができる体制を維持されることが望まれる。また、今回明らかになった、変動源等を含む統合的な地下モデルを、実施中の自然地震や人工地震及び電磁気による構造探査によって検証し、噴火予測の精度を向上する必要がある。

山岳地域におけるGPS観測は、気象補正の困難さから、平地における観測に比べるとS/N比が悪い。今後、気象モデルを基にしたデータの補正等、一層精密な地殻変動の解析技術の開発が必要である。さらに、浅間山山頂部の調査は、活動状況及び天候の変化等による制約に加えてアクセスが厳しい。安全で高精度の観測を実施するためには、無人ヘリコプター観測やレーザープロファイラーを利用した火口地形や噴出物堆積状況把握を実施する等、現地調査に代わる遠隔観測法の開発が重要である。

SO<sub>2</sub>放出量の自動計測システムの構築によって、その結果と地震等の常時観測結果とを合わせ解析することにより、より詳細な噴火予測ができるようになると考えられる。また、爆発による噴煙の挙動や降灰の特徴を把握することが、噴火の性質を明らかにするだけでなく防災上も重要である。

火山噴火予知連絡会は、今回の浅間山の噴火活動を通して、各関係機関の観測データの総合評価を続け、概ねその予測どおりに火山活動が進行した。しかし、長期的な活動予測についての診断手法は現段階では乏しく、浅間山の火山活動が中長期的に今後より活発な噴火活動に至るのか、今回の活動が一時的なものであるか等は、現時点では分かっていないので、高精度の火山活動観測の体制の維持とともに、地下のマグマ供給系を明らかにする火山学的研究が重要である。

また、浅間山が20世紀中頃まで活発な噴火活動を繰り返していたことや、現在は観光地や別荘地が広がる浅間山の北斜面が過去の噴火による大被害を受けたことなど考慮すると、地元における火山防災の啓発活動を強化し、将来の火山災害の軽減に努める必要がある。

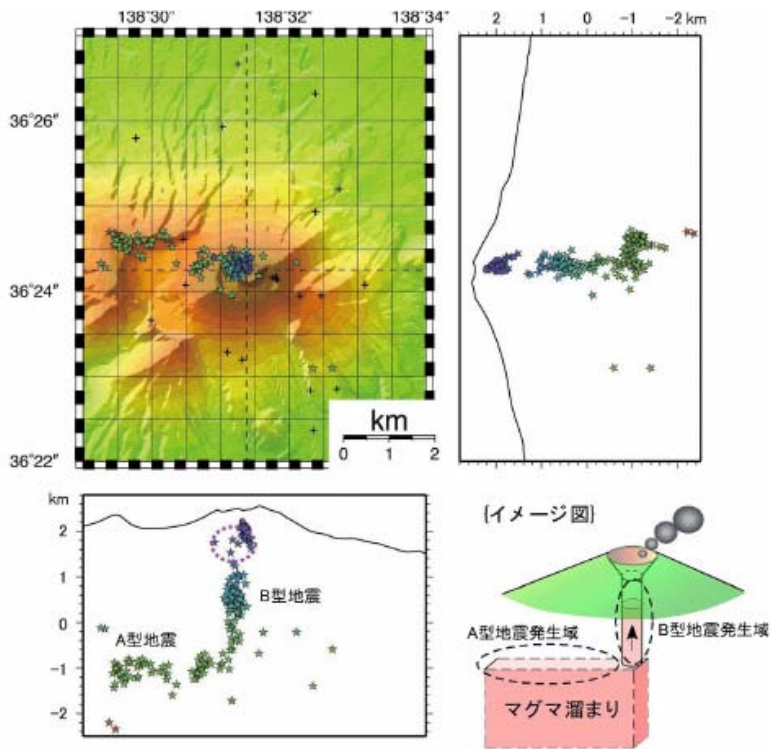


図1 2004年浅間山噴火で発生した火山性地震震源(東京大学による)。2004年9月末～2005年1月に発生した地震の震源を示す。浅所に密集する震源は9月1日噴火直前に群発した地震。破線丸印は2004年6月に発生した長周期震動に伴う短周期地震源。GPS地殻変動から推定されるマグマ溜まりの位置は、地下約4 km付近で西に伸びるA型地震の発生域直下にあたる。東京大学と気象庁の地震観測データを使用。

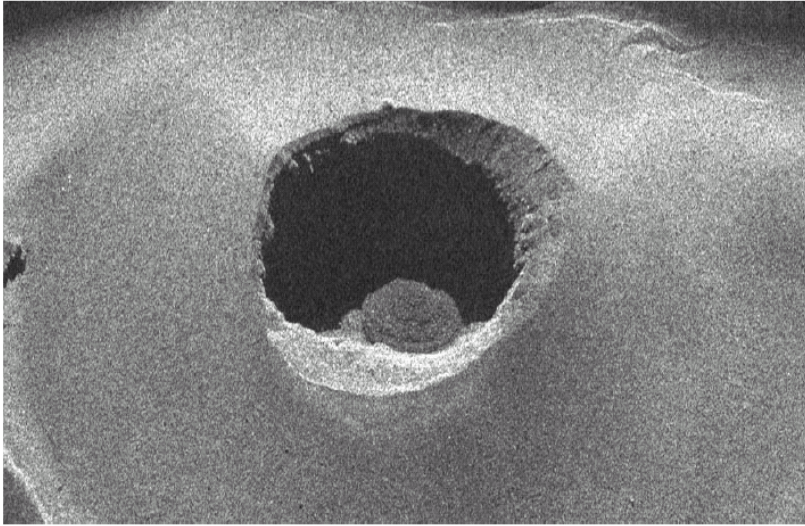


図2 噴火中の浅間山山頂火口の合成開口レーダー画像（2004年9月16日撮影。国土地理院による）。航空機搭載型合成開口レーダーによって北側から撮影された（画面上が北）。火口底に渦巻き模様の表面構造を持つ饅頭状溶岩塊が認められる。



## (2) 三宅島

### 1. 火山活動の状況

2000年(平成12年)6月26日に三宅島南西部を震源とする地震活動から始まった三宅島の火山活動は、西方海域での海底噴火、新島・神津島近海でのマグマ貫入によると考えられる活発な地震活動、雄山山頂の陥没、カルデラ形成、大規模噴火に至り、9月に三宅村は全島避難指示を発令した。その後、規模の大きな噴火は発生しなくなったが、多量の火山ガスを放出する活動に移行し、2000年末には1日あたり5万トンを超す二酸化イオウ(SO<sub>2</sub>)放出量が観測されるようになり、山麓でも高濃度の火山ガスが観測されるようになった。

火山ガスの放出量は2000年末頃をピークに次第に減少し、2003年(平成15年)には最盛期の10分の1程度まで減少したが、その後は横ばい傾向となり、2006年(平成18年)3月現在でも、SO<sub>2</sub>放出量は1日あたり2000~5000トンと、多量の火山ガス放出が続いている。2001年(平成13年)以降は、山麓で降灰がある程度の噴火は時々発生しているが、大規模な噴火は発生していない。東京都及び三宅村ほかは、全島避難後、泥流対策などの応急対策、復興対策を続け、2005年(平成17年)2月1日、全島に対する避難指示は解除された。しかし、山麓では、まだ高い火山ガス濃度を示すことがあり、一部地域を高濃度地区に指定する等の規制が続いている。

### 2. 火山活動に対する対応

#### (1) 実施状況

三宅島では、気象庁、国土地理院、海上保安庁海洋情報部、大学、防災科学技術研究所が、常設観測点を設置して常時観測を行っている。気象庁は、監視カメラ、地震計、空振計、GPS等を設置し、本庁火山監視・情報センターにおいて24時間監視を行っている。この間、2000年噴火直後の応急的な観測体制を見直し、観測点の再配置を行う等観測を強化した。国土地理院は、既設の電子基準点に加え、GPS機動連続観測点、火山変動観測点を追加して地殻変動監視を継続している。海上保安庁海洋情報部は、三宅島周辺でのGPS連続観測による地殻変動監視を実施している。大学は、GPS連続観測を行うとともに、現地収録で観測していた全磁力観測をテレメータ化した。防災科学技術研究所は、地震及び傾斜変動、GPS、地磁気観測を継続している。

SO<sub>2</sub>放出量などの火山ガス観測や火口地形観察等、ヘリコプターを利用した空中からの観測は、防衛庁、海上保安庁、警視庁、東京消防庁の協力を得て実施した。

SO<sub>2</sub>放出量の観測は、当初、ヘリコプターを利用した紫外線相関スペクトロメータ(COSPEC)を用いた観測であったが、現在は、火山ガス濃度が当初に比べ少なくなったことから地上からの観測を行っており、また小型紫外分光計を活用したSO<sub>2</sub>放出量測定装置(DOAS)を観測に用いている。(気象庁・産業技術総合研究所・大学)。さらに、監視カメラ映像データ(気象庁)や赤外熱映像(産業技術総合研究所)を用いた水蒸気放出量観測、噴煙中の火山ガス組成比(CO<sub>2</sub>/SO<sub>2</sub>比)の観測(産業技術総合研究所・気象庁)、火山灰の水溶性付着性成分の解析(大学)、アルカリ吸収法による火山ガス組成観測(大学・産業技術総合研究所)、航空機搭載MSSであるVAM-90Aを実験的に改造したSO<sub>2</sub>検出実験(防

コメント [1]: 意見 15

削除: 用い地上での観測を行っている

削除: 火山専用空中赤外映像装置

削除: (

削除: )

災科学技術研究所)や衛星画像を用いた SO<sub>2</sub> 放出量測定法の開発(産業技術総合研究所)を実施した。また、数値気象モデルを利用した火山ガス移流拡散モデルの開発を実施した(気象庁)。

2000年に形成された山頂カルデラについては、定期的にヘリコプターからの火口地形の観察を実施している(気象庁・大学・産業技術総合研究所)。ヘリコプターからの温度観測(気象庁)に加え、航空機からのVAM-90Aによる温度観測(防災科学技術研究所)を定期的に行っている。航空機による周辺海域も含めた熱計測、磁気測量、目視観測も実施している(海上保安庁海洋情報部)。

噴出物の現地調査及び採取試料の化学分析や粒径分析(大学)を行うとともに、噴出物分析、特にメルト含有物の詳細分析による、噴火・脱ガスマグマ組成の解析を行った(産業技術総合研究所・大学)。噴火・噴煙活動に対する地下水の影響を解明するため、地下水の観測も実施した(産業技術総合研究所)。

地殻変動については、前述の常時観測に加え、外周道路及び雄山周遊道路の一部における水準測量(国土地理院)、三宅島西方海域における海底地殻変動観測(海上保安庁海洋情報部)、GPS 繰り返し観測(大学)を実施した。また、三宅島及び神津島での重力精密繰り返し測定(大学)、航空機搭載型合成開口レーダーや写真測量による精密地形計測(国土地理院)を実施した。

5千分の1火山基本図「三宅島(I)～(VI)」を2004年に刊行し、この6面を編集した1万2千分の1火山地形図を作成した。また、調査、研究等の災害に関する公共的な活動に利用してもらうため三宅島のGISデータをホームページで公開した(国土地理院)。

火山噴火予知連絡会は、以上のような様々な観測結果を基に、火山活動の総合的評価を継続的に行い、社会への情報発信を続けた。三宅村に協力して、避難住民への定期的な説明会も実施した。帰島決断直前の2004年(平成16年)12月には三宅島の火山活動評価のための拡大幹事会を開催して「火山活動に大きな変化はなく、現段階で大規模な噴火につながる兆候はない」との見解をまとめた。また、気象庁は、東京都現地対策本部への支援チームを継続的に派遣する等、東京都とも連携して、応急対策に携わる関係機関への火山活動の解説・助言、火山ガスの見通しを含む気象情報を発表する等の支援活動を行った。全島避難解除後も、住民に対して火山ガスを始めとする火山活動状況や気象の解説業務を三宅島測候所が中心となって行っている。

## (2) 具体的成果

ヘリコプターから実施するCOSPECによるSO<sub>2</sub>放出量測定では、ヘリコプターのローターノイズが大きな問題となったが、DOASではそのノイズが問題にならず、後者の方が優位であることが示された。また、VAM-90Aを改造した観測によりSO<sub>2</sub>濃度を定量化することができた。

各種の火山ガスの組成・放出量の観測手法の応用により、三宅島の火山ガス放出量と組成の変動が詳細に観測された。火山ガス放出量は2000年末を頂点として、2003年初頭にかけて最盛期の約10分の1にまで漸減し、その後はほぼ一定になった。それに対し、火山ガス組成は、全ての期間を通じほぼ一定であった。水蒸気放出量は、噴煙活動開始直後(2000年9月)に際だって大きかったが、その後減少し、以後はSO<sub>2</sub>放出量の変動と同様の変化

**削除:** 国土地理院は、2000年に防災・安全対策を講ずるための基礎資料を作成する目的として、5000分の1「平成12年(2000年)三宅島噴火地形図(I)～(VII)」を整備した。また、5000分の1火山基本図「三宅島(I)～(VI)」を2004年に整備し、この6面を編集した12000分の1火山地形図を整備した。調査、研究等の災害に関する公共的な活動に利用してもらうため三宅島のGISデータをホームページで公開した。

をしている特徴がある。これらのことから、噴煙活動の初期には火口内の地下水の気化による寄与があったと推定されるが、火山ガス放出量の減少過程においては、火山ガス放出過程の諸条件（マグマ組成や脱ガス条件等）に大きな変化がなかったことが推定された。メルト包有物中の揮発性物質の分析結果と、火山ガス組成の比較により、火山ガスは2000年に噴火したマグマを低圧下で脱ガスさせた組成と一致することが明らかにされた。その結果、三宅島における長期にわたる大規模な火山ガス放出活動は、火道内マグマ対流脱ガス、すなわち地下深部のマグマ溜まりから火道を通じてマグマが地表近傍に上昇し、脱ガスしたのちに再びマグマ溜まりに戻るという過程で生じていることが推定された。放出量の減少は、火道の狭窄によるマグマ流量の低下が原因と考えられる。一方、カルデラ形成に伴ってマグマ溜まり内に崩落した相対的に低温の物質がマグマを冷却し、そのことが大規模な脱ガスの引き金となったとする考え方も提出された。

地表でのSO<sub>2</sub>濃度を評価するため、数値気象モデルを利用した火山ガス移流拡散モデルを開発し、風が弱い時は昼夜の地表面濃度の差が大きくなること、風が強くなるとこの差は小さくなり、風下側に高濃度域が広がること、北東風の時は風下側の広範囲に火山ガスが広がることが分かった。これは、火山ガスの見通しを含む気象情報に活かされている。

上空からの観察では、カルデラ壁の崩落は2000年秋以降もゆっくりと続いているが、大きな変化はなく、周辺の海域についても、変色水は観測されているが大きな変化は認められていない。これらの目視観測結果は、各機関のホームページ等を通じて公表された。各種の遠隔による温度観測では、火口内の温度は2002年以降緩やかな低下を示した。電磁気観測の結果からも、2001年11月までは火口直下の温度は上昇していたが、それ以降、低下に転じたことが明らかになった。

地下水観測の結果、三宅島地下水には噴火直後に火山灰・火山ガス起源と考えられる成分濃度の変動が認められたものの、大きな変化がないことが確認された。

SO<sub>2</sub>放出期（2000年9月以降）の地震活動の解析からは、震源は山頂カルデラ火口直下に集中していること、波形の特徴から低周波地震、やや低周波地震、高周波地震に分類できることが明らかになった。高周波地震とやや低周波地震が火口浅部で集中的に発生する現象が2004年以降明瞭で、しばしば空振や微噴火を伴う低周波地震が発生して活動が終息する現象が見られた。火口内直下で発生する高周波地震は正断層型が卓越し、震央は高温領域の周辺に集中している。また、火山性微動も観測されており、連続微動の振幅はSO<sub>2</sub>放出量とよい相関を示した。

地殻変動については、各機関の実施しているGPS及び傾斜観測のデータを総合的に解析し、2000年6月26日から27日にかけての活動初期のマグマの移動過程、同年7月8日以降のカルデラ形成過程、同年9月以降の山体収縮過程における地殻変動源を明らかにしたモデルを構築した。SO<sub>2</sub>放出期に観測されている収縮は、ガス放出によるマグマ溜り内の圧力減少を反映していると考えられている。一方、既に南西部の深部でマグマ供給による**山体の膨張が始まっている**ことが明らかになっている。

また、2002年（平成14年）以降、傾斜計で記録された周期40分の振動を分析し、マグマ溜りと開口した火道の振動である可能性が指摘された。

以上の様々な観測研究成果に基づく火山噴火予知連絡会による火山活動の総合的評価や気象庁による地元での解説は、三宅村等関係機関の適切な防災対応の判断に資することが

コメント [i2]: 意見 16

削除: 増圧が再開している

できた。特に、三宅島の SO<sub>2</sub> 放出量の観測結果は、火山活動の総合的評価に資する観測データとなるとともに、住民帰島の判断材料にもなった。2004 年末の火山噴火予知連絡会拡大幹事会の見解は、三宅村が避難指示解除を決断するためのひとつの大きな根拠となった。火山基本図は、各方面で活用されるとともに、火山地形図は、三宅島全戸に配布された。

### 3. 今後の課題と展望

2000 年の三宅島の火山活動では、玄武岩質マグマのマグマ溜りから三宅島の西方への移動などに伴う地殻変動が傾斜計、GPS などの近代的機器で観測された。これら良質の観測データから地下のマグマシステムがモデル化されているが、マグマ溜りの空間的広がりや中心火道との関係等が、まだ解決されていない基本的な問題として残っている。データの分析を基に地下のマグマシステムの動態を解明し続けなければならない。

三宅島の SO<sub>2</sub> 放出量が低下するためには、地下の帯水層が復活することが必要であると考~~えられている~~。この現象をとらえる観測（電磁気、重力を併用した観測、及び掘削坑を利用した地下水の連続観測、掘削坑及び地表観測による電磁気三次元連続観測）を行うことも必要であろう。また、2500 年ぶりに山頂カルデラが形成され、今後の噴火の様式等火山活動の推移についてのシナリオの検討も必要である。

火山ガスの観測については、三宅島の大規模な火山ガス放出の観測を効率的に実施するために、各種の手法が開発された。今後、火山ガス組成比の観測等の事例を蓄積し、火山ガス放出活動と他の地球物理学的諸現象との関連についての研究を推進する必要がある。しかし、現在の手法は、数日～数か月に一回程度の観測にとどまっている。火山ガス放出量や組成の変動を火山性地震や地殻変動等のデータの変化と比較することは、マグマシステムを理解するために不可欠であり、時間分解能を高めた火山ガスの観測が必要である。そのため、イメージング分光計等を用いて同時に多方向の SO<sub>2</sub> を観測できるような装置等、火山ガス放出量・組成の連続観測手法の開発が重要である。三宅島の火山観測においては、無人機材を使った遠隔観測の試みも行なわれたが、今後、簡便、安価で確実に実施できるような機器の開発が必要である。また、火山ガス移流拡散モデルは、今後も火山ガス災害の予測に活用される可能性を持っているが、予測精度の向上のためには噴煙の出口付近における運動の理解と観測が重要である。

三宅島における地震・地殻変動等の常時観測については、今後も継続していく必要があるが、SO<sub>2</sub> ガスの高レベルでの放出が続き、山腹では依然道路の損壊が頻発している厳しい環境下で、連続観測を継続することは、種々の困難がある。機関をまたがる観測データの共有と統一解析を今後も推進していくことが望ましい。

この活動の間、10 年前には考えられない程、質、量ともに優れた情報がインターネット等を通じ関係者の間で迅速に共有された。今後も、メディア技術進歩を充分取り入れながら情報共有を進めていくことが重要であるが、災害発生時の情報発信に際しては、社会に混乱をきたさないよう慎重を期す必要がある。

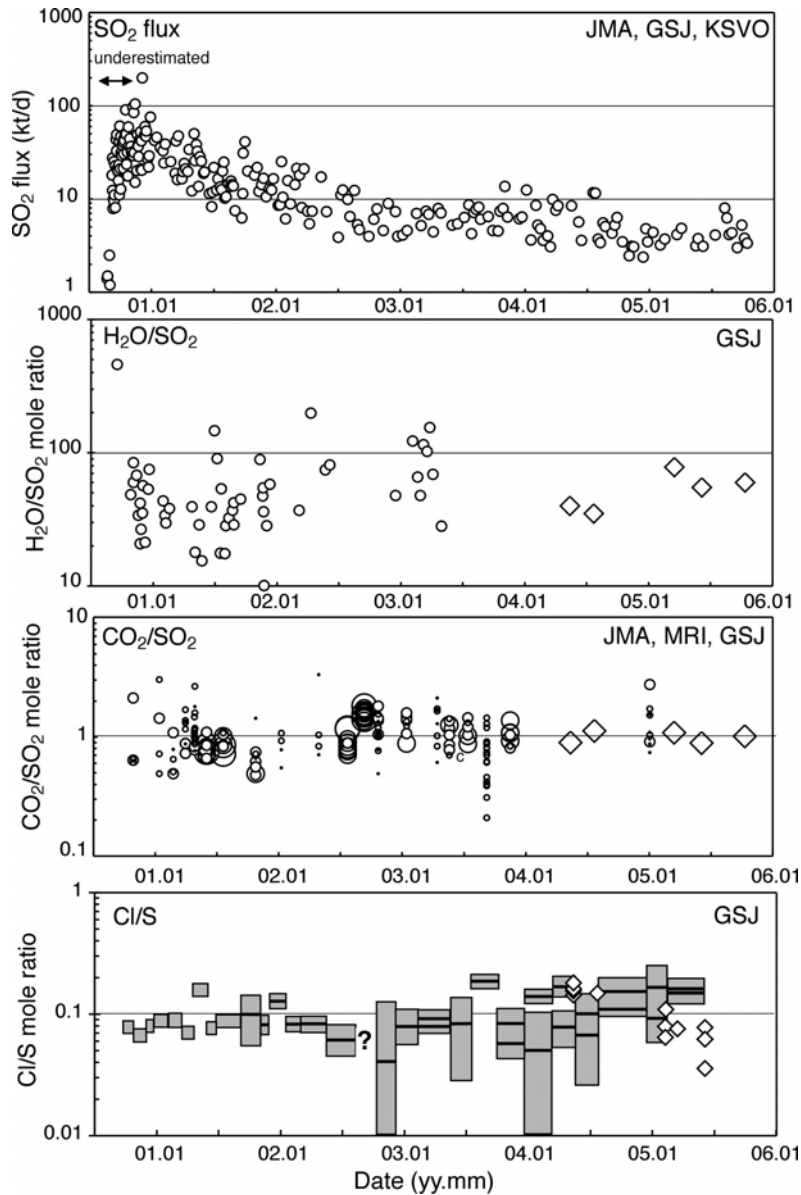
コメント [i3]: 意見 17

コメント [i4]: 意見 18

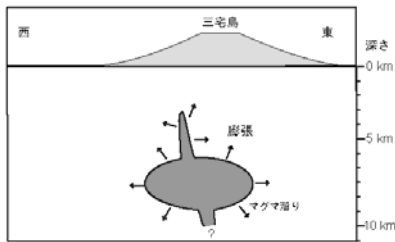
削除: の

削除: がある。

削除: や

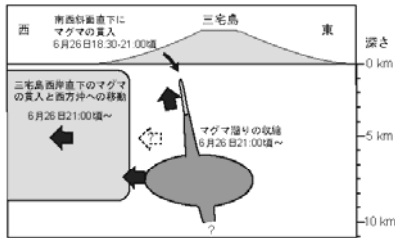


三宅島火山ガス観測結果。第1段：SO<sub>2</sub>放出量。第2段：H<sub>2</sub>O/SO<sub>2</sub>比。第3段：CO<sub>2</sub>/SO<sub>2</sub>比。第4段：Cl/S比。第2～4段の◇は、火口近傍での直接観測による値。○は、ヘリコプター等による上空での観測結果。第3段の○の大きさは精度（大きいほど精度がよい）を表す。第4段の長方形は、アルカリ吸収法による値。気象庁・産業技術総合研究所・東京工業大学の観測による（火山噴火予知連絡会会報）。



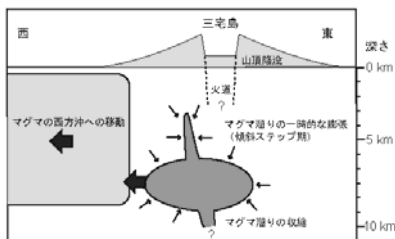
**噴火準備期間 1983年-2000年**

1983年の割れ目噴火後から2000年噴火活動開始前まで、島の南西部深さおよそ3~10kmにあるマグマ溜りが膨張。



**岩脈貫入期 2000年6月26日-27日**

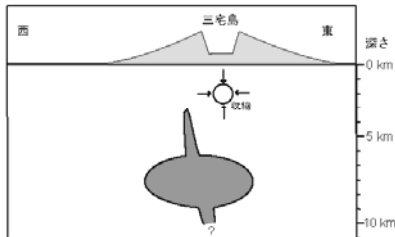
6月26日18時30分頃、マグマ溜りの上端から三宅島の南西斜面の深さ1~3kmに岩脈の貫入がはじまる。21時頃から、新たに西方へのマグマの貫入と、マグマ溜りの収縮がはじまった。この時に南西斜面の貫入は停止した。



**山体収縮期・傾斜ステップ期**

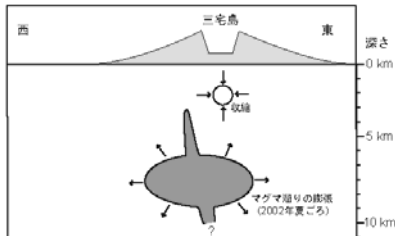
**2000年6月28日~9月17日**

マグマの西方への移動とマグマ溜りの収縮が続く。7月8日~8月18日に、マグマ溜りの一時的な膨張による傾斜ステップが発生した。その間、山頂の陥没が進行した。



**ガス放出期 2000年10月~2001年5月**

マグマ溜りの収縮は小さくなり、山頂直下深さ約3kmで球状収縮源の収縮が続いていた。



**ガス放出期 2001年6月~**

マグマ溜りの収縮はほぼ停止。2002年6-12月にマグマ溜りの下部の球状部分の一時的な膨張が見られた。山頂直下深さ約3kmで球状収縮源の収縮が続いている。

GPS データと傾斜計データから推定した 1983 年から 2002 年の地殻変動源。防災科学技術研究所・国土地理院による（火山噴火予知連絡会会報）。

### (3) 阿蘇山

#### 1. 火山活動の状況

阿蘇山は、有史以来頻繁に噴火している我が国固有数の活火山である。近年は中岳第1火口での活動が中心で、1958年(昭和33年)、1979年(昭和54年)には爆発的噴火によって犠牲者を出している。1989年(平成元年)～1991年(平成3年)のストロンボリ式噴火の後、土砂噴出等のやや活発な火山活動が時折見られていた。

中岳第1火口では、最近約10年間湯溜まり状態が続いているが、2003年(平成15年)前半から湯溜まりの温度が次第に上昇し、6月からその量の減少が見られるようになる中、7月に小噴火が発生した。この噴火による降下火山灰は、中岳から東北東14kmの地点まで到達し、その総量は約130トンであった。その後も、降水による一時的な湯溜まり量の増加はあるものの、その量は徐々に減少していった。2004年(平成16年)1月にもごく小さい噴火が発生して火口外に火山灰を噴出、2005年(平成17年)4月にも同様の噴火が発生した。さらに、2005年5月には、火口底に赤熱が見られるようになった。赤熱現象は、その後台風による降水によって2005年9月には見えなくなった。

#### 2. 火山活動に対する対応

##### (1) 実施状況

気象庁は、阿蘇山の火山活動を24時間監視するとともに、定期的に火口の状況の現地調査を繰り返し行って、火山活動の推移の把握に努めた。一方、大学、国土地理院、産業技術総合研究所等も各種の観測・調査を実施した。

地震については、気象庁と大学が常設の地震観測網による常時観測を実施し、火山性微動の発生状況や微動振幅の変動を計測した。また、大学は広帯域地震計を火口周辺に設置して、微動の臨時観測を行った。

地殻変動については、国土地理院が電子基準点によるGPS連続観測を継続するとともに、国土地理院と気象庁がGPSの繰り返し観測を実施した。また、大学もGPS観測点を火口周辺に増設して観測を強化した。さらに、国土地理院は、2003年と2004年に水準測量を実施した。

削除: GPS

電磁気・熱についても、観測の強化が図られた。気象庁は、従来の2地点に加え2002年から新たに火口縁西側に2点の全磁力連続観測点を追加した。2003年からは、地下の熱源を推定する目的で空間的な地磁気変化分布を把握するために、火口縁及びその周辺に新たに19点の全磁力の繰り返し観測点を設置し、既設点3点を合わせ計22点で年2回程度の頻度で観測を開始した。一方、大学は、これまでの火口周辺における全磁力観測に加えて、全磁力変化を空間的に高精度で把握するために、2000年(平成12年)以降5回の繰り返し空中磁気測定を行った。これらの観測の他に、大学は、火口内における熱活動の活発化を把握する目的で、熱水対流の強さを自然電位変化によって推定するためゼータ電位に関する基礎的研究を実施した。また、火口における赤熱現象を正確にとらえるために、ビデオカメラのナイトショットモードを利用して近赤外領域において地表面温度を正確に測定する方法を開発して測定した。

地球化学観測については、大学により火山ガス及び温泉観測が実施された。火山ガスに

については、相関スペクトロメータ (COSPEC) 及び小型放出量測定装置 (DOAS) を用いて二酸化イオウ ( $\text{SO}_2$ ) の遠隔測定を実施したほか、中岳第 1 火口の南側壁面にある噴気地帯の地面を赤外光の光源として利用し、赤外分光放射計 (FT-IR) を用いて火山ガス化学組成比の測定を行った。また、2005 年 7 月と 11 月には、開発中の紫外分光計を用いた  $\text{SO}_2$  と硫化水素 ( $\text{H}_2\text{S}$ ) 濃度同時測定装置のテストを行った。温泉観測については、2003 年 7 月の小噴火以降、温泉水の温度・PH・主成分濃度・溶存炭酸ガス濃度等の繰り返し観測を開始した。

地質・噴出物については、産業技術総合研究所が野外調査を実施し噴出物の把握に努めるとともに、採取試料の形態観察、EPMA 分析を行った。

これらの観測結果は、火山情報等で定期的に発表するとともに、火山灰の噴出等の噴火に際しては、臨時火山情報等で注意を呼びかけた (気象庁)。また、2003 年 11 月からは、火山活動度レベルの提供を開始した。阿蘇山のレベルは本期間、概ね 2 (やや活発な火山活動) であったが、小噴火の発生に際して一時的にレベル 3 (小規模噴火の発生) に引き上げた (気象庁)。

火山噴火予知連絡会は、阿蘇山について、定例会議において、適宜、重点討議火山として取り上げ、各機関の観測データの取りまとめを行い、火山活動の総合評価結果を公表した。

## (2) 具体的成果

中岳第 1 火口内の湯溜まりの湯量の減少、温度上昇、土砂噴出等の表面活動の監視観測や火山性微動の発生状況、全磁力変化、火山ガス放出量、噴出物の分析等から、阿蘇山の火山活動の高まりを確実にとらえることができた。全磁力連続観測では、中岳第 1 火口の熱的活動の高まりを示す全磁力変化を観測することができた。また、1998 年 (平成 10 年) から継続している熱消磁は、次第に頭打ちになりつつも継続し、火口の地下およそ 400m において温度が上昇していることが明らかになった。火山ガス観測では、小噴火に伴って、 $\text{SO}_2$  の放出量が増加しその後減少することが観測され、 $\text{SO}_2$  放出量の観測が火山活動レベルの把握に有効であることが再確認された。また、噴出物の分析からは、2003 年 7 月の小噴火の火山灰は新鮮なガラスを少量含み、これらは本質物である可能性が高いことが分かった。さらに、ガラスの水含有量の分析から、マグマがかなり浅いところまで上昇している可能性が示唆された。

地殻変動観測や火山ガス観測からは、阿蘇山のマグマ供給系に関する知見が得られた。GPS 連続観測データを用いた解析により、2003 年と 2005 年にカルデラ中央部が盛り上がる地殻変動が発生しており、力源は深部にある可能性の高いことが分かった。一方、水準測量や GPS 連続観測結果の長期的変動に注目した解析から、阿蘇カルデラは全体として沈降していることが明らかとなった。一酸化炭素と二酸化炭素の濃度比 ( $\text{CO}/\text{CO}_2$ ) からは、地下での平衡温度が少なくとも  $650^\circ\text{C}$  以上であると推定された。また、塩化水素と二酸化イオウの濃度比 ( $\text{HCl}/\text{SO}_2$ ) 変化から、HCl が湯溜まりの水または地下水に選択的に取り込まれていることが示唆された。

観測システムや解析手法の改良においても成果が得られた。全磁力観測では、全磁力変化に含まれる電離圏・磁気圏を起源とする変動除去のために、全磁力成分の他に地磁気三成分を使用した確率差分法を適用することで、火山活動を起源とする地磁気変化の検出能



力の向上を図ることができた。空中磁気測定についても、良好なデータ再現性が確認され、10nT を越える変化があった場合には高精度に変化を捉えることが可能になった。また、SO<sub>2</sub> 放出量観測では、開発中の DOAS の試験観測を行ない、この経験が 2004 年 9 月の浅間山の噴火に活かされた。

火山活動の一時的な活発化に際して、気象庁は臨時火山情報を発表して、同時に火山活動度レベルを 3 に引き上げ、地元自治体による火口周辺の規制を促した。また、地元自治体は、レベルの引き下げにより規制を解除しており、レベルと防災対応がスムーズにリンクして運用された。

火山噴火予知連絡会は、阿蘇山について、適宜観測データを取りまとめ火山活動の総合的評価を行い、「熱的活動の活発な状態が続き、さらに活発化すれば噴石等を火口外へ放出する噴火の可能性はある」との評価結果を公表した。

### 3. 今後の課題と展望

従来からの地震観測や火口観測、測地測量等に加えて、GPS や全磁力観測が強化されるとともに、多種の火山ガス観測や噴出物調査・分析が精力的に実施され、阿蘇山の火山活動をよりの確に把握できるようになったことは評価できるが、なお多くの課題が残されている。阿蘇山は、1989 年～1991 年の噴火以降は比較的静穏な状態が続いていたが、最近になって小噴火が発生する等、将来の活動活発化も予想されるので、今後も引き続き観測調査の充実と観測体制の強化が必要である。

全磁力連続観測は、中岳第 1 火口の熱的活動の高まりを示す全磁力変化をとらえており火山活動の把握に有効であるが、より安定した全磁力観測のためには地下埋設可能な観測装置の開発が必要である。その上で、その観測装置を火口周辺に多数展開すれば、高い時間空間分解能で地下温度の昇降の規模と分布を推定できると考えられる。また、空中磁気測定による地下の温度変化の推定も、対地高度 50m～100m において 10nT 以上の変化があれば可能であり、今後多くの火山において実験を繰り返すことでこの推定法が実用化できる可能性がある。また、火山ガスの観測については、火山ガス放出量だけでなく、火山ガス組成の連続測定も視野に入れた、新しい火山ガス観測体制の確立が必要である。最近では、分光学的方法や化学センサーを用いた火山噴煙中のガス成分の測定法が開発されており、この新技術を導入すればガス組成の連続測定が可能になると考えられる。噴出物については、新たな噴火で放出された火山灰が、新しいマグマに由来するものか否かを判断するためには、近年の噴火による火山灰の形態的特徴や化学組成、揮発性物質の量、水和層の有無等の情報が不可欠であるが、データは少ない。今後過去の噴出物についてもデータを蓄積し、今後の噴火に備える必要がある。

観測結果の解釈についても課題が残されている。阿蘇カルデラの長期的沈降の意味、時々発生する山体の膨張と火山活動の関連性は明らかでなく、その解明が必要である。また、阿蘇山においては、火口の噴気温度が数 100℃ 以上となっても噴火にいたるとは限らない。このような現象で火山流体がどのように上昇し放出されているかを定量的に研究する必要がある。さらに、2005 年まで熱的には活発な状態が続いたが、SO<sub>2</sub> 放出量は 2003 年 7 月の噴火以降減少傾向にある。火山活動の予測の確度を上げるためには、このような観測事実を整合的に説明する物理化学モデルの構築が必要である。

火山情報の発信に関しては、火山活動度レベル3と火口周辺の規制がリンクしスムーズな防災対応が行われているが、レベルの判断基準については、この間火山活動の進行を見ながら適宜見直しながら運用してきた。今後も火山活動度レベルの判断基準等は改善していく必要がある。

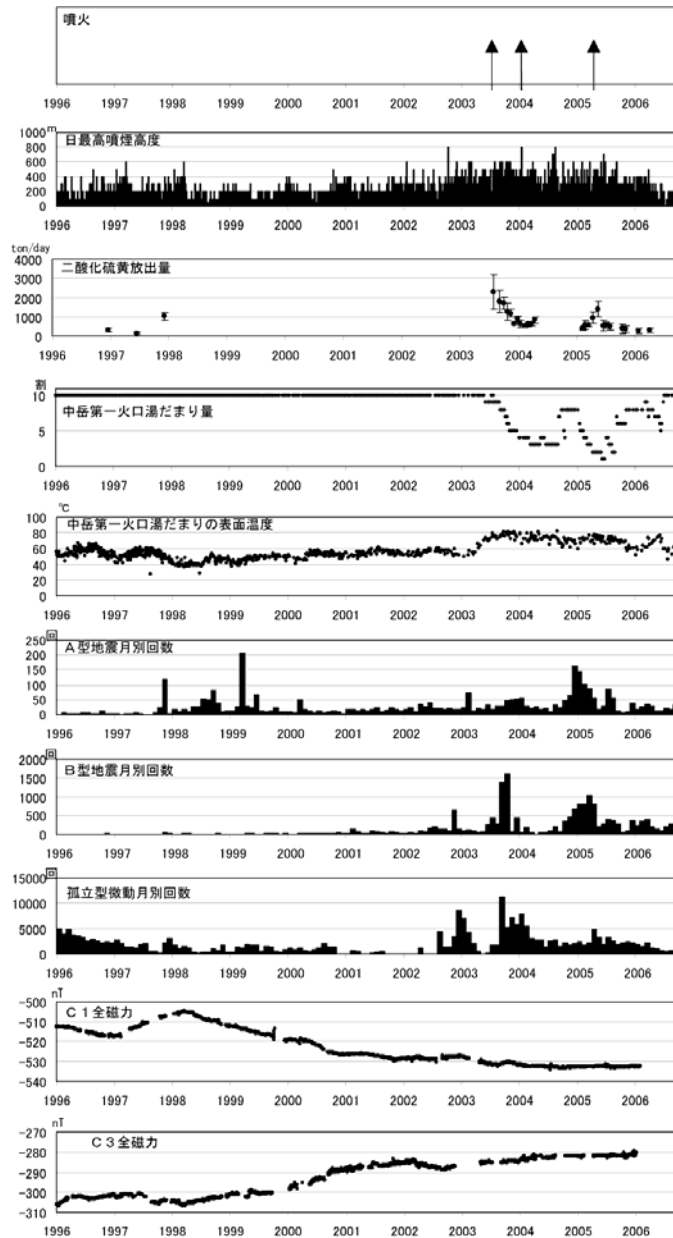


図1. 阿蘇山の活動経過図 (1996年～2006年)。上から噴火、日最高噴煙高度、二酸化硫黄放出量、中岳第一火口湯だまり量、中岳第一火口湯だまり表面温度、A型地震月別回数、B型地震月別回数、孤立型微動月別回数、C1点(中岳第一火口南西)全磁力変化、C3点(中岳第一火口北西)全磁力変化。

## (4) 桜島

### 1. 火山活動の経緯とこれまでの成果

桜島は、2万数千年前の巨大噴火により形成された始良カルデラ（鹿児島湾湾奥部）の南縁で成長した後カルデラ火山である。8世紀以降、大正噴火（1914年）など4回の多量の溶岩流出を伴う大規模噴火が山腹や海域で発生し、溶岩、火山灰、地震、津波などにより甚大な災害が広範囲で発生した。また、1946年（昭和21年）には、1935（昭和10年）年にできた東斜面の火口（昭和火口）から約0.2km<sup>3</sup>の溶岩流出を伴う中規模噴火が発生した。1955年（昭和30年）10月から桜島南岳で始まった山頂噴火活動は、1972年（昭和47年）10月以降激化して、火山岩塊・レキ、降灰、土石流、火山ガスにより20年余にわたり、桜島周辺に甚大な災害をもたらした。

1974年（昭和49年）以降、マグマ供給率を上回る火山灰等が放出されたため、カルデラの地盤は緩やかな沈降をたどっていたが、噴火活動が低下した1993年（平成5年）頃からは地盤が隆起に転じ、年間約1000万m<sup>3</sup>の割合のマグマ蓄積に相当するカルデラの隆起膨張が水準測量やGPS観測によって観測されている。2003年（平成15年）後半からは桜島南西沖及び始良カルデラ内の地下5～10kmで火山性地震（A型地震）が発生し、2004年（平成16年）後半には地盤の膨張の一時的加速、桜島直下のA型地震の増加など、カルデラ地下に蓄積したマグマが移動・上昇を開始する兆候が認められた（図1）。2006年（平成18年）3月からは、浅い火山性地震（B型地震）の増加、昭和火口からの噴気量増加・温度異常域の拡大が観測され、6月4日に至り、昭和火口で58年ぶりに噴火が発生した（図2）。

気象庁、大学、国土地理院、産業技術総合研究所は、各種の調査観測を継続するとともに、海上保安庁海洋情報部は、航空機や船舶による活動監視やカルデラ内の若尊火山の調査を実施した。また、気象庁は、2002年（平成14年）3月に火山監視・情報センターの業務を開始し、福岡管区気象台と鹿児島地方気象台の連名で火山情報を発表することとし、2003年11月には、火山活動度レベルの運用を開始した。さらに、従来から用いていた2点の監視カメラに加えて、2004年には国土交通省大隅河川国道事務所の映像を鹿児島地方気象台に分岐し、噴火活動の監視能力の向上を図った。

削除: 3

過去100年余の地盤変動の推移からみて、数十年以内の中～大規模噴火は避けがたいとの認識に立って、国土交通省大隅河川国道事務所は、鹿児島県、周辺の市・町、鹿児島地方気象台、大学等と連携して「桜島火山防災検討委員会」を平成16年2月に組織し、ハザードマップ、危機管理等の検討を開始した。これを受けて、鹿児島市は、大規模噴火と山頂噴火の激化を想定した火山防災マップの改訂版を平成18年3月に出版・公表した。

削除: 大隈

削除: 2004

削除: 2006

### 2. 昭和火口からの噴火に対する対応

#### (1) 実施内容

2006年6月4日正午頃に昭和火口での噴火に気づいた職員からの連絡を受けた京都大学防災研究所附属火山活動研究センターは、噴火を確認し、鹿児島地方気象台、鹿児島県等に通報した。気象庁は、現地観測を実施、同日17時40分に「昭和火口付近でごく少量の灰白色の噴煙を確認した」との火山観測情報を発表した。以後、6月9日までに併せて5

回の火山観測情報を発表するとともに、火山機動観測班による観測強化や鹿児島県や国土交通省の協力による上空からの噴火活動の観測を実施した。また、第十管区海上保安本部航空機による観測結果は、地元関係機関や火山噴火予知連絡会へ報告された。大学は、火山灰と付着成分の分析から昭和火口の噴火はマグマ噴火であり、火口の拡大等により小規模な火砕流発生の可能性はあるものの、各種観測データを併せて評価すると、直ちに中～大規模な活動に移行する兆候はないことを確認した。

6月12日に開催された第104回火山噴火予知連絡会の評価結果を受けて、同日18時35分に気象庁は、南岳山頂火口に加え、昭和火口からの噴火活動にも注意する趣旨の臨時火山情報を発表し、火山活動度レベルを2（比較的静穏な噴火活動）から3（活発な火山活動）に引き上げるとともに、関係自治体、防災機関、報道機関に火山活動の状況説明を行った。これを受けて、6月14日に鹿児島県は、地域防災計画に規定されている「桜島火山爆発対策連絡会議」を開催し、鹿児島地方気象台からの現状報告、大学からの活動の見通しと必要な対応についての説明を受けて、行政として取るべき規制等を提示した。鹿児島市は、直ちに災害対策基本法に基づく立入規制範囲の一部拡大と危険区域へ通じる道路の通行止め等を決定し、ゲート設置などの措置を鹿児島県及び国土交通省と協力して実施した。また、気象庁は、地震（2点）、空振（1点）、GPS（4点）、傾斜（1点）の観測点を追加・整備し、連続観測を開始した。大学は、精密・絶対重力測定を実施するとともに、民間ボランティアの支援も得て迅速に水準測量を実施した。

昭和火口での噴火は6月中にほぼ収まる一方（図2）、南岳山頂火口の噴火は継続しているが、火山活動が更に高まる兆候は認められないことから、気象庁は、8月18日に火山活動度レベルを3から2に引き下げた。

今回の噴火に対して桜島の住民の受け止め方は冷静であったが、6月4日の噴火開始直後から、火砕流が発生した場合に最も危険性の高い昭和火口の麓約2.5kmの「地獄河原」付近に報道機関や観光客が集まる事態が生じ、火山活動に関する様々な報道により混乱が生じる恐れも危惧された。そこで、大学は、活動の現状、中長期的観点からの活動の評価と見通し等をホームページに掲載するとともに、報道や地元の要請に応じて解説を行った。

## （2）評価

今回の昭和火口からの噴火に対する地元の行政機関の対応は迅速であり、桜島の住民の反応は冷静であった。その背景には、1988年鹿児島国際火山会議等、自治体が行政、住民、研究者などが一体となった啓蒙活動を積み重ねてきた実績があるが、今回の噴火に直接関係するものとして、①「桜島火山防災検討委員会」などを通して関係機関の間で、事前の火山活動に関する中長期的見通し、緊急時の対応等についての認識の共有がなされ、防災対応の検討に関して「桜島爆発対策連絡会議」が迅速に機能したこと、②これらの会議や資料が報道機関に公開され、行政の取り組みが住民に伝わっていたこと、③鹿児島市等が防災マップを公表して説明会等を開催したことなどが特筆される。これらの取り組みに鹿児島地方気象台、大学等が、火山監視や噴火予知研究の実績や成果を基に積極的に関与したことは評価できる。今回の噴火を契機に、気象庁の新たな観測点整備によって監視体制の強化が進んだ。今後、予想されるより規模の大きな活動に向けて、この観測体制を維持することが重要である。また、迅速に火山灰の分析、水準測量、重力測定等がなされた背

景には、集中総合観測等で形成された大学間の研究ネットワークがある。今後も、大学間の全国共同研究体制を維持・発展させることが重要である。

他方、火山情報の用語や内容については、改善すべき点がある。6月4日の噴火発生を受けて出した火山観測情報では「噴火」という用語を用いず、桜島南岳の山頂噴火の基準を準用して「ごく少量の有色噴煙」と表現した。翌日以後の火山情報では、「ごく小規模な噴火」と改善されたが、活動の状況が適切に伝わらなかった可能性がある。今回の昭和火口の噴火は本格的な活動の前触れの一つであると考えられ、今後、鳴動、噴気異常域の出現、有感の群発地震などの様々な異変や想定外の火山活動が予想される。それらに対応した臨機応変の火山情報のあり方を、防災対応も視野に入れて、検討する必要がある。同時に、全国レベルでの火山活動度レベルの基準や防災上の位置づけ、その運用に関しても、国内外の経験も参考にしながら、住民や行政の視点も踏まえた再検討が必要であろう。

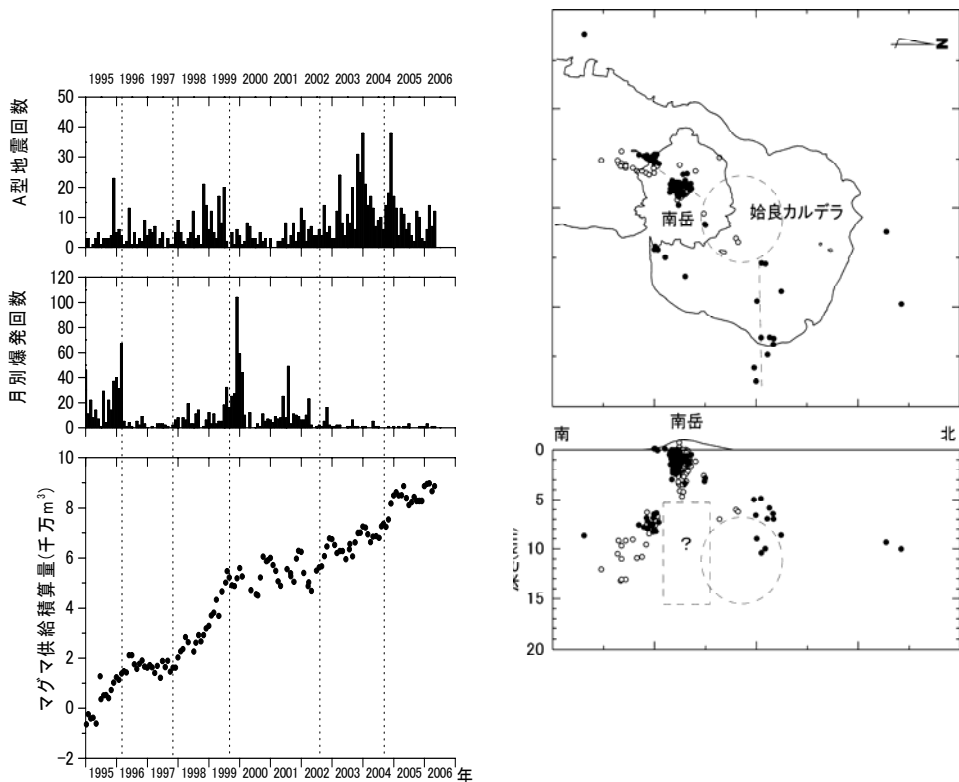


図1 1995年以降の桜島の火山活動の推移(左図)とA型地震の震源分布(右図)。右図中の○は1988年以前の震源、●は2001~2004年の震源を示す。

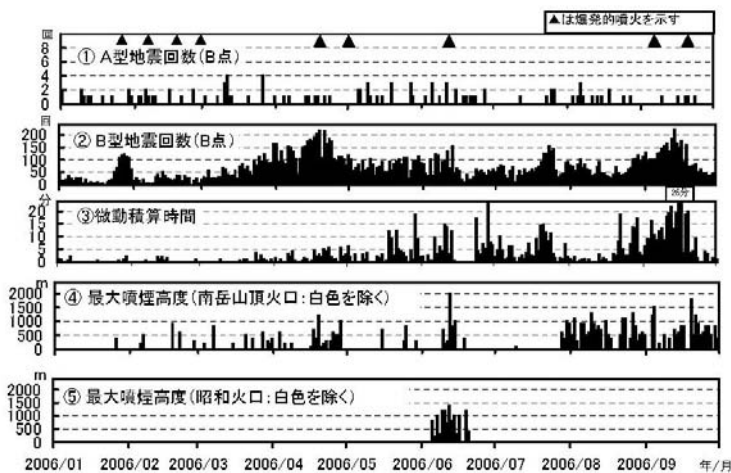


図2 桜島の火山活動の経過（2006年1月1日～9月30日）

### 3. 今後の課題と展望

桜島については、火山観測と調査研究の歴史が他の火山に比べれば長いので、ある程度の中長期的な活動予測は可能である。また、進行中の活動についても、マグマ供給系のモデルを参照して、観測データから火山の状態を評価し、噴火の発生の可能性を定性的に予測する段階にほぼ到達していると考えられる。しかしながら、火山噴火予知計画で目標としている「火山の地下の状態を的確に把握し、噴火の物理化学モデルを用いて、噴火の開始や推移を定量的に予測する」段階に到達するには至っていない。活動の推移を含めた的確な予測を実現するには、取り組むべきいくつかの課題がある。

観測データや火山現象を的確に評価して、噴火発生の時期や規模を定量的に予測するには、マグマ供給系に関する知識が不可欠である。桜島では、地盤変動から始良カルデラと桜島直下の二つのマグマ溜りのモデルが提示されているが、マグマ溜りの実態、桜島南方や始良カルデラ内の地震活動との関連やマグマの移動・上昇経路は未解明である。活動履歴からみて、噴火の可能性のある場所は桜島だけではなく、桜島周辺や始良カルデラの海域も含まれる。海域を含む観測網の整備と地下構造等に関する調査研究が重要である。

また、噴火の場所、様式や活動の推移の定量的予測に必要な基礎データや知識は、未だに不十分である。例えば、桜島では大規模噴火のたびに化学組成が変化していることが知られている。他方、最近の重力や火山ガス放出率の測定結果からは桜島地下のマグマの変質（密度増加）が示唆されるが、その原因と実態は未解明である。マグマの粘性が高くなっているとすれば、桜島ではこれまでに発生が確認されていない様式の活動、たとえば、山体崩壊発生の可能性もある。過去の噴火の場所、様式、活動の推移、マグマの組成に関する地質学的調査や岩石学的研究に加えて、最近の火山噴出物や火山ガスの調査分析に基づくマグマの物理化学的性質と挙動等に関わる研究の進展が期待される。

## (5) その他の火山

### 1. 噴火した火山

伊豆鳥島が 2002年 (平成14年) 8月に噴火したのに対応して、大学は、各種の調査・観測を繰り返し実施し、火山活動の詳細が不明であった伊豆鳥島について、現状や 2002年 噴火の特徴などを明らかにした。

削除: 平成14

2004年 (平成16年) 6月にごく小規模な水蒸気爆発が発生した硫黄島では、防災科学技術研究所による従来からの観測が継続して実施されたほか、国土地理院によるGPSの連続観測、繰り返し観測が実施され、引き続き大きな地殻変動が発生していることが明らかにされた。

福徳岡ノ場では、2005年 (平成17年) 7月に海底噴火が発生した。海上保安庁海洋情報部では、噴火の直後に無人測量船により海底地形調査を行い、海底地形図を作成した。

2006年 (平成18年) に入り2度にわたって地震活動が活発化した雌阿寒岳では、3月に小規模な水蒸気爆発が発生した。大学は、地震活発化直後から地震計を増強して観測を行ったほか、噴火後には各種の臨時観測を実施した。気象庁は、噴火に対応してGPSなどの観測点を山体付近に新設し監視を強化した。

薩摩硫黄島は、大規模な脱ガス活動を継続している。産業技術総合研究所は、地質・岩石・地震・電磁気・熱・火山ガスなどの複合的な観測・調査を定期的に行い、火孔形成・火山灰放出過程や脱ガス過程を明らかにした。

コメント [i5]: 意見19

諏訪之瀬島では、頻繁に噴火が発生し、小規模な爆発的噴火も数多く観測された。大学は、地震、地盤変動、火山ガスなどの多項目臨時観測を実施した。

### 2. 特筆すべき活動があった火山

八丈島では、2002年 8月に群発地震活動が発生した。大学は、GPS観測から、群発地震は島北部へのダイクの貫入によると考えられることを示した。また、産業技術総合研究所では、陸上及び海底について試料採取及び露頭観察を行い、マグマの長距離移動が起きた可能性が高いことを明らかにした。

削除: 平成14年

伊豆半島東部 (伊豆東部火山群) では、2006年 に約8年ぶりに群発地震が発生した。国土地理院は、GPSで観測した地殻変動の原因としてダイク貫入と横ずれ断層運動を推定し、平成10年の群発地震活動との類似性を示した。

コメント [i6]: 意見20

削除: 平成18

口永良部島は、火山性地震活動が活発であった。大学は、火山ガス、噴気温度の観測を実施し、地下の熱水活動が活発な状態にあることを明らかにした。また、火山性地震、全磁力、GPSなどの観測を実施し、火口直下での熱の蓄積を示す観測結果を得た。観測から浅部熱水系に関するモデルを構築した。



## 5. 「当面の富士山の観測研究の強化について（報告）平成 13 年 6 月」の評価

### ○はじめに

第 6 次火山噴火予知計画において、休止期間の長い火山の噴火ポテンシャル研究の対象とされていた富士山で、2000 年（平成 12 年）10 月以降、地下 10～20 km の深さで、マグマ活動に関連すると考えられる深部低周波地震が増加した。この事態を受けて、科学技術・学術審議会測地学分科会火山部会では、「当面の富士山の観測研究の強化について（報告）平成 13 年 6 月」という報告をまとめ、早急に観測研究を強化し、活動変化を的確に把握できるようにするよう提言した。その後、関係各機関の連携・協力によって、この報告に基づく富士山の観測研究が実施された。

富士山は我が国で最大の活火山であるが、1707 年の宝永噴火以降 300 年間にわたって噴火がなく休止期が長かったことや山体が大きいことなどが原因で、火山活動を的確に評価するための観測体制が不十分であり、噴火メカニズム解明のための基礎研究も十分に進んでいなかった。上記の報告を受けて観測体制が強化されたあと、深部低周波地震の活動が減少したため、深部低周波地震のメカニズム解明を行うには、まだ十分なデータが蓄積していない。しかし、集中的に実施された観測研究や地質調査等の基礎的研究の推進によって、活火山としての富士山の実態に関する理解は飛躍的に深まった。

### （1）富士山の活動を評価するための火山観測体制の強化

#### 地震観測の強化

気象庁は、1987 年（昭和 62 年）以来の山頂での短周期地震計による観測に加え、2002 年（平成 14 年）秋から、富士山山頂、御殿場口 7.8 合目、吉田口 6 合目（現地収録方式）、富士林道終点（現地収録方式）の 4 か所で広帯域地震計による観測を開始した。これらのデータに加え、大学、防災科学技術研究所からリアルタイム提供される地震波形データ・傾斜観測データを利用して、火山監視・情報センターで火山活動を集中監視している。大学は、2002 年～2003 年（平成 15 年）にかけて、3 か所の抗井式広帯域／短周期地震観測装置による立体アレイ観測網を設置した。防災科学技術研究所は、富士山中腹の山梨県側と静岡県側に各々深度 200m の抗井式火山活動観測点を設置し、短周期地震観測を開始した。

山頂から中腹にかけての地震観測網を強化したことで、山体浅部の微小な高周波地震も検出可能となったが、この間、活動は低調であった。冬季の山頂部だけで観測される微小な地震の発生状況とその正確な震源位置が、気象庁と防災科学技術研究所の共同解析で明らかになった。

観測体制の強化により、高品位データが得られる観測点が新たに設置され、マグニチュード 1～0 程度の低周波地震まで震源決定できるようになったが、その後、深部低周波地震の活動は低調となり、メカニズムを解明するに足る十分なデータは蓄積していない。既存地震観測網による活動活発時のデータを用いて精密震源再決定を行った結果、深部低周波地震の震源は富士山の山頂から北東方向が主であるが、山頂の南側まで広がっていたこと、その分布は板状で、2000 年～2001 年（平成 13 年）の活動活発化の際には震源が 2～3km 移動していたこと等が分かった。

### 【課題と今後の展望】

富士山の地震活動を漏れなく把握するためには、気象庁の保有する現地収録式の2地震観測点のテレメータ化を進め、集中監視の密度を高める必要がある。また、このような高地に設置した観測点は、雷災等による欠測も多いので、安定稼働のための様々な工夫が必要である。

大学や防災科学技術研究所のこれまでの研究で得られた結果は、深部低周波地震の発生に流体が関与していることを示唆するものの、具体的な発生メカニズムやマグマ活動との関連は解明されていない。今後も高品位地震データを蓄積し、三成分歪・温度・傾斜計による地殻変動等との対応関係を含む詳細な解析を行う必要がある。

### 地殻変動観測等の強化

気象庁は、富士山山頂及び御殿場口 7.8 合目の2地震観測点に GPS も併設した。また、2001 年から 2003 年まで富士山の地磁気特性等の調査観測を実施し、マグマの上昇に伴う異常検出のためのバックグラウンドデータを取得した。大学は、歪・傾斜変化  $10^{-9}$ 、温度変化  $0.3\text{m}^{\circ}\text{C}$  の感度で検出できる抗井式の傾斜計及び三成分歪計・温度計を各 1 か所に設置した。また、富士山北東山麓の3地点で全磁力連続観測を行っている。国土地理院では、GPS 機動連続観測点による連続監視を3か所で実施するとともに、富士山山頂に電子基準点を設置した。また、富士山周辺において水準測量 180km を実施し、富士山周辺の広域的な地殻変動量を検出した。さらに、富士吉田市及び富士市で、全磁力連続観測を実施している。防災科学技術研究所は、富士山中腹の山梨県側と静岡県側に設置した深度 200m の抗井式火山活動観測点で、傾斜変動観測を開始し、また GPS も併設した。また、RADARSAT 衛星の 2003 年以降の観測データにより、干渉合成開口レーダー (SAR) 手法による地殻変動検出のための解析を実施中である。産業技術総合研究所は、保有する9点の GPS 観測点をこれまでの現地収録方式からテレメータ方式に改善し、連続観測を行っている。情報通信研究機構では、頂上を含む北側地域を主とした地域を対象に年1回の航空機 SAR 観測を実施し、通常の SAR 画像に加え、二つのアンテナを使用した干渉法により DEM (地形図) を作成し、差分比較による解析を行っている。

上記のような観測点の整備・新たな観測手法の採用により、富士山周辺の地殻変動を連続的に監視する体制を実現し、地殻変動検知能力が向上した。これまでの地殻変動観測では、特段の変化は観測されず、現時点では、富士山直下でマグマ蓄積が進行しているとしても大きいものではないことが確認された。

### 【課題と今後の展望】

富士山地域に展開する観測装置に共通する問題でもあるが、冬期における電力供給の強化等が課題である。富士吉田に設置した全磁力連続観測装置は、冬期は積雪により点検保守が困難となり、また観測に必要な電力が不足するため全磁力毎分値データの取得ができない場合がある。

干渉法による地表面高度計測の精度は、現状では 2 m 程度である。SAR による計測の精度を更に向上させ、広域の地殻変動を監視できるようにするためには、現データの解析手法や軌道決定技術を改善する必要がある。

なお、地殻変動データからは、富士山へのマグマ供給は現在のところ検知されていないが、多くの火山において地殻変動は間歇的に現れることから、火山活動の動静を監視するためには、今後も地殻変動観測を継続するとともに、地殻変動源を迅速にモデル化し評価する手法を検討することも必要である。

## (2) 富士山の活動機構を解明するための基礎研究の推進

### 噴火履歴の調査

大学では、富士山体の北部において3か所(640m、400m、100m深)、東部斜面において2か所(200m、70m深)でボーリング調査及び地表調査を行い、得られた試料について、全岩組成、鉱物組成、メルト包有物等の化学分析を行った。防災科学技術研究所では、坑井式地震観測点設置の際に得られた深度200mまでの岩石コア試料の岩石学的、層序学的特徴を検討するとともに、火山噴出物間に堆積している有機物を含む土壌について年代測定を行った。産業技術総合研究所は、5万分の1地質図幅「富士宮」及び「富士山」作成に向けた地質調査を行った。さらに、山体南部・北部を中心にトレンチによる噴出物調査を、また、山頂火口壁、宝永火口壁、大沢源頭部で、集中的な地質調査を行った。

長尺のボーリング調査等から、富士火山直下に既知の小御岳火山とは異なる安山岩の古い山体—先小御岳—が存在することが明らかになった。山梨県側、標高約2100mの岩石コア試料からは、新富士火山中期のスコリア丘や新富士火山旧期に属すると思われる溶岩の存在が、静岡県側、標高約2000m地点の岩石コア試料からは新富士火山の中期溶岩、旧期溶岩の存在が確認され、化学組成の特徴から最下部には古富士火山の溶岩が分布する可能性があることが分かった。

富士火山の噴火史が、150試料以上の炭素同位体年代測定とテフラ層序の解析に基づいて、より定量的に再編成され、従来の古富士と新富士という新旧2区分より、下位から星山期(BC15000年以前)、富士宮期(BC15000~6000年)、須走期(BC6000以降)の3区分が提案された。山頂部での噴火史の再検討からは、BC1500~300年頃の期間には山頂で繰り返し起こった爆発的噴火以外にも、非爆発的噴火や溶岩湖の存在があったが、BC300年以降は、山頂では大きな噴火は起こっていないことが明らかになった。

割れ目噴火の火口調査からは、山頂から13.5kmの遠方でも噴火があったことが明らかになり、新たに発見された溶岩流も数枚ある。AD700年~1000年頃は、割れ目噴火が頻発し、割れ目火口列の方位も、AD850年頃を境に北西—南東方向から南北にシフトした。また、山頂をはさみ南北同時噴火が起こった可能性がある。宝永噴火以前で一番新しい溶岩の年代は、平安後期のAD1050~1200頃である。

新たに記載されたBC18000年頃の田貫湖岩屑なだれを始めとした山体崩壊堆積物は、崩壊のトリガーが噴火ではなく地震である可能性もあることが分かった。富士火山西部で玄武岩質の火砕流の年代値と分布の特徴が明らかとなった。

また、富士火山噴出物の化学組成の解析から、富士火山のマグマの組成変化は浅部の安山岩質小マグマ溜りに深部から大量の玄武岩マグマが繰り返し注入・混合するというプロセスで形成されるという大局的なマグマ供給モデルが提案された。

### 【課題と今後の展望】

上記の長尺ボーリングにより、富士山の基盤に先小御岳が存在することが明らかになったが、掘削が北東部に限られていたため、その全容は不明である。この分布状況は、富士山の体積、したがって噴出率の推定に大きな影響を与えるので、今後、富士山南～西地域で1000m級のボーリング調査を行い、南西部で欠けている長いスパンの噴火履歴と共に、富士山内部の基盤構造を明らかにする必要がある。また、地質調査により判明しつつある噴火規模、噴火間隔、噴火様式のバリエーションをどのように定量的に評価するのが長期的噴火予測に向けての課題である。次期噴火の予測に向けては、これまでの噴火履歴の中で最終噴火の宝永噴火をどのように位置付けるかが重要である。

### 構造探査

大学では、2003年度に気象庁、国立極地研究所の協力を得て、人工地震による測線長87kmの火山体浅部構造探査を実施した。また、2002年度から2004年(平成16年)度において、富士山の周囲約60kmにおいて観測点間隔5～10kmの長期高密度地震観測を実施し、自然地震による深部構造解明のための調査研究を行った。2002年度から2003年度にはMT法による電気比抵抗構造解明のための観測研究を行った。産業技術総合研究所では、1999年(平成11年)～2003年度に富士山中腹部から山頂部の主に登山道が未整備な地域において、200点ほどの重力測定を行い、既存データと併せて精緻な重力ブーゲー異常図を作成した。空中磁気探査については、ヘリコプターを用いた高分解能空中磁気探査システムを構築し、2003年5月、8～9月に富士山頂を含む東西12km、南北14kmの範囲で探査を実施した。

重力探査では、小富士等の各所に集中した岩脈等の伏在を示唆する局所的高重力異常が分布することが分かった。磁気探査によって得られた高分解能空中磁気異常図には、地形の起伏に対応した磁気異常のほか、東斜面等において伏在する磁気構造に対応すると考えられる磁気異常が分布する。

地震波構造探査の結果、直下の詳細な地震波速度構造が得られ(図1)、震源決定を高精度化するための条件が整備された。また、富士山の基盤は、東側で浅く西側で深くなっており、重力探査の結果とも整合的で、富士山が異なるテクトニクス場の境界付近に位置している可能性がある。また、地震波構造探査では、富士山直下に地震波高速度層の盛り上がり存在が明らかになり、度重なるマグマの貫入の結果であることが示唆された。

電磁気探査からは、山頂直下の20kmより深い場所に低電気比抵抗体が分布していることが分かった。自然地震のトモグラフィー解析も山頂直下の10～15kmの低速度域に加え、20kmより深い位置にも低速度域が存在することを示している(図2)。

以上のような様々な手法による構造探査から、低周波地震発生領域は、地震波低速度域であると同時に、沈み込むフィリピン海プレートよりも深部に位置する高電気伝導度領域の真上に位置することも明らかとなった。

### 【課題と今後の展望】

富士山直下の地震学的・電磁気学的構造の把握が一段と進んだが、低周波地震の発生域とマグマの蓄積領域や浅部の地震発生域との関連については、現段階では明らかになっていない。今後、低周波地震、浅部の地震の震源を精密に決定するとともに、レーザー関数解析等、より発展的な地震波形解析により沈み込むフィリピン海プレートの形状を明ら

かにすることにより、富士山直下におけるマグマ蓄積過程を解明する必要がある。

### 集中総合観測等による富士山の基礎的データの蓄積

大学では、2002年度に、地震、地殻変動、重力、電磁気、火山ガス調査からなる集中総合観測を実施した。電磁気探査等の結果からは、富士山の地下数百mには、地下水を多く含む層が広がっており、山頂火口の地下500m付近には熱水の上昇を示唆する結果が得られた。

防災科学技術研究所は、航空機搭載MSSを用いて、富士山山体の温度観測を山頂火口を南北に横切る飛行コースと東北東山麓コースの2回実施し、富士山の現状把握を行った。その結果、観測範囲において日射の影響と明瞭に区別できるような地表面温度の上昇領域は確認できなかった。

削除: 火山専用空中赤外映像装置

国土地理院は、GPSデータを用いフィリピン海プレートと陸側プレート間のカップリング分布を推定し、富士山の下ではプレートは固着しておらず、この領域ではフィリピン海プレートが抵抗なく深部へ潜り込んでいることを示した。

### **【課題と今後の展望】**

現状では山体の温度異常等は観測されていないが、富士山では過去に噴気や温度異常が観測された時期があり、今後も数年程度の間隔で、できるだけ広域の温度観測を行い、基礎データを整備する必要がある。

広域テクトニクスの解析から得られた富士山直下でのプレート間のデカップリングが富士火山の活動とどのような関係があるかについては今後の詳細な検討が必要であり、更に観測の継続と注意深い解析が必要である。また、富士山周辺に現在、大きな歪蓄積が見られないにもかかわらず、側火山が北西南東に配列するという事実は、従来考えられてきた広域応力場の方向と火山噴火の物理関係を再検討する必要性を示している。

### **(3) 関係機関の連携・協力と研究成果による社会への貢献**

#### **関係機関の連携・協力**

火山噴火予知連絡会において、定例会議の場で関係機関の研究成果や観測データの情報交換が行われるとともに、火山噴火予知連絡会WEB等を通じて、富士山の観測研究に関する関係機関相互の情報交換が行われた。気象庁では、大学、防災科学技術研究所からの地震波形データ・傾斜観測データのリアルタイム提供を受け、火山監視・情報センターでの集中監視に活用している。

人工地震や自然地震による構造探査、集中総合観測において、各大学の連携による観測点の設置、解析研究が行われた。また、気象庁・極地研究所も実施に協力した。国土地理院によるGPSデータは各大学に準リアルタイムで提供され、それぞれにおける観測データと併せて解析が行われている。

前述の(噴火履歴の調査)にあるように、大学・産業技術総合研究所・防災科学技術研究所等の関係機関が連携して、集中的に調査研究が実施された。

## 研究成果による社会への貢献

産業技術総合研究所は、富士山地域の火山地質図の作成に向けての調査を数年にわたって行っており、近い将来「富士宮」、「富士山」の5万分の1地質図が刊行される予定である。

国土地理院は、富士山の観測研究、ハザードマップ等の基礎資料とするため平成14年に1:10000火山基本図「富士山（富士山頂）」、「富士山（宝永山）」、「富士山（御庭）」、「富士山（白塚・桧塚）」の4面、1:50000火山土地条件図「富士山」1面を刊行し、10mメッシュ火山標高データを整備した。

大学を中心として行われた集中総合観測や科学振興調整費により関係機関の連携のもとに行われた「富士火山の総合的研究」の成果は、火山噴火予知連や学会等で報告されるとともに、月刊地球号外として一冊にまとめられ、参照しやすい形で出版された。この他にも、大学独自の富士火山に関する多面的な調査がなされ、その成果は普及書としてまとめられた。

## 地方自治体や地域住民への成果の普及

火山噴火予知連絡会は年3回の定例会議において、関係機関の研究成果に関する情報収集を行い、それを基に富士山の火山活動を総合的に評価し、その結果を発表した。特に、2000年～2001年にかけての富士山の深部低周波地震の多発に際しては、平成13年5月28日、第89回本会議において、現状の検討を行い、「ただちに噴火等、活発な火山活動に結びつくものではないと考えられる」との火山活動状況の評価を公表した。

火山噴火予知連絡会富士山ワーキンググループにおいて、富士山の過去の噴火資料等の収集・整理、それに基づく噴火様式や規模等の推定、監視のあり方及び火山情報についての検討を行った。気象庁は、その検討結果を踏まえて、富士山の火山活動に異常があった場合の火山情報発表の考え方を取りまとめ、その成果は火山防災マップや防災計画の作成に活かされた。

削除: 平成 12

削除: 13

### 【課題と今後の展望】

火山活動が活発化していくほど、より詳細な噴火等の状況についての情報や防災行動に役立つ具体的な記述を住民に提供することが重要となるので、今後も分かりやすく防災に役立つ火山情報の内容や表現方法、発表方法について検討を進めるとともに、火山活動度レベルの導入も進める必要がある。

### ○全体のとりまとめ

科学技術・学術審議会測地学分科会火山部会の報告「当面の富士山の観測研究の強化について」を受けて、富士山の活動を評価するための観測研究が強化されるとともに、その活動履歴や構造等に関する基礎研究が推進された結果、火山としての富士山に関する理解は急速に深まった。しかし、富士山の噴出率の推移を見積るに足る山体内の地質構造に関する理解は不十分であり、今回の調査で有効性が明確となった長尺ボーリングによる山体調査を今後も行う必要がある。また、現状ではマグマ上昇等の異常を示す地殻変動データは得られていないが、今後そのような異常が把握されたときに備えて、各機関の間での

データの共有や観測データから変動源を迅速にモデル化し、評価するための体制を確立することが必要である。さらに、地震活動、地震波速度構造、電磁氣的構造、地質学的情報等に関する最近の成果も考慮して、総合的に富士山のマグマシステムのモデル化を進め、次の噴火に至るシナリオを検討することが必要である。

また、火山噴火予知連絡会富士山ワーキンググループで議論されたように、火山活動の監視観測体制については、まだ不十分な点もあり、今後関係機関が連携して強化していく必要がある。

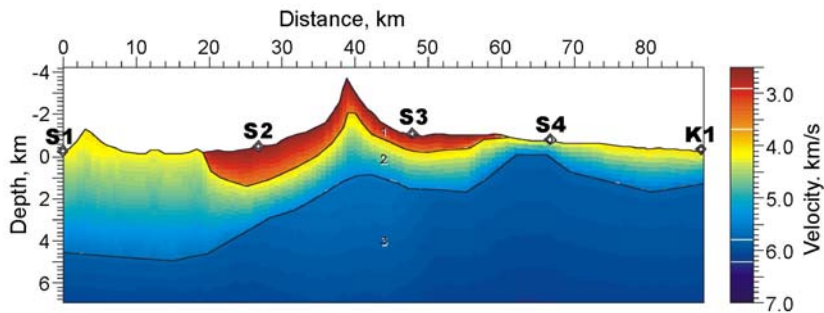


図1 人工地震により求められた地震波速度構造 ( $V_p$ )。南西-北東断面。S1~S4、K1は発破位置。

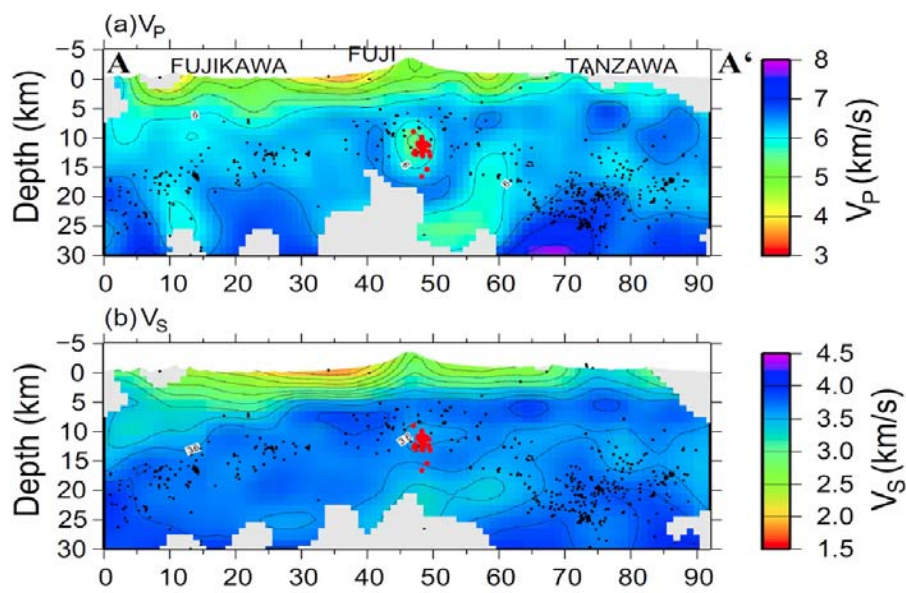


図2 自然地震により求められた地震波トモグラフィ。南西-北東断面。山頂直下10~15 km 付近に分布する赤点は、深部低周波地震の震源位置で、低速度領域の位置と一致している。また、山頂直下20km以深に別の低速度領域の存在が示唆される。



### Ⅲ. 第7次計画に対する総括的評価

第7次計画の年次中には、大きな災害につながるような噴火は生じなかったものの、三宅島では、2000年（平成12年）噴火以来の火山ガスの大量放出が依然として続いている。当初の記録的な大量放出に比べると減少したこともあり、島民の帰島も実現したが、比較的高いレベルでの火山ガスの放出は続き、時折火山性微動を伴い火山灰を火口付近に放出する小規模な噴火も起こっている。浅間山では、2004年（平成16年）に21年ぶりのマグマ噴火が発生し、2006年（平成18年）には雌阿寒岳の小噴火が生じたほか、桜島では59年ぶりにこれまでの南岳火口外からの噴火も観測された。いずれの噴火も兆候をとらえたものの、噴火時期の予測には至らず、噴火推移も含め噴火予測には、問題があることを示した。このように、火山噴火予知の到達レベルとしては、依然として実用的な域に達していない。

削除: 流出

削除: 流出

削除: 流出

削除: 7

削除: 平成18年に

コメント [i1]: 意見 21

削除: いき

「1. 火山観測研究の強化」については、機動観測による連続観測や諸機関の協力による気象庁への観測データの分岐によって、火山監視の強化が着実に進められた。しかし、常時監視火山は、40火山以下であり、監視体制の十分でない火山も多い。今後も火山監視体制の拡充に引き続き取り組む必要があるが、一挙に全火山に監視観測網を配置することは現実的ではないであろう。当面、中期的に監視すべき火山を選定し、それらの火山の監視体制を重点的に強化する必要がある。

削除: 北方領土海域火山をのぞいた約80の活火山のうちでも

全国に展開された電子基準点は、リアルタイム解析もめどが立ちつつある。2004年浅間山噴火に際しても、地下へのマグマ貫入イベントの把握に成功するなど、火山活動評価の重要な手法であることが示された。しかし、地震調査研究を念頭に置いて展開されたこともあり、観測点が十分設置されていない活火山も多く存在する。活火山の周辺の設置に努力するほか、既設の電子基準点の維持及び適切なグレードアップが今後の課題である。

削除: 目処

削除: 平成16年（

削除: )

削除: で

削除: 充分

削除: むけて

2004年に噴火した浅間山の場合でも明らかのように、広帯域地震計、傾斜計、GPS、重力、火山ガスなど多項目の観測網により、噴火に至る長期的な活動の変化や噴火直前の前駆的変動を把握できることが分かり、実用的な噴火予知に向けて観測研究の成果は順調にあがっている。このような成果を生むために、大学における観測研究のための多くの既設観測網では、データ通信の効率化や高度化、観測網管理の効率化などにより、円滑な観測の努力がなされてきたが、設備費の手当てが十分でないことから、観測研究の強化の進捗は不十分で、観測の維持という観点からは機器の近代化が進まない問題を抱えている。広帯域地震計や傾斜計等の観測機器が、噴火に前駆する現象の把握など噴火予知に有効であることが示されているだけに、更に大学等の観測網の充実を図り、観測研究を強化することが必要である。

コメント [i2]: 意見 22

削除: 芳しくなく

削除: の

削除: 性

削除: の

「2. 火山噴火予知高度化のための基礎研究の推進」では、複数の火山で火山流体の移動を物理的な観測に基づいて把握できるようになったほか、地震や地殻変動の定常的観測データ等に基づいたマグマ供給系や熱水系のモデル化が進んだ火山もあり、このような火山では、観測データから噴火に先立つ流体移動をとらえることも近い将来不可能ではないと考えられる。しかし、これらの成果にも地震や地殻変動観測などのこれまでの積み重ねが重要な役割を担っており、今後、更に進展させるためには、老朽化している観測網の更新を含めて、観測網の整備と高度化が不可欠である。

また、掘削試料や噴出物の解析及び火山ガス組成測定により、マグマの上昇・脱ガスなどの噴火過程に関する理解が進んだが、噴火予知の高度化のためには、更にそれらの過程の深さ変化などの理解が不可欠である。

人工地震探査を実施した火山では、浅部地震波速度構造の理解が進み、震源の決定精度を高めることが可能になった。また、一部の火山ではあるが、人工地震と自然地震観測を併用して、より深部の構造を把握する研究も進んだほか、反射波の解析により解析分解能が向上することも確認された。地震波速度構造と電気比抵抗構造の突き合わせから火山流体の分布の把握が試みられたことも大きな前進である。

組織的な地質調査、系統的な岩石の化学分析や年代測定が行われた火山では、長期予測と噴火ポテンシャル評価の基礎となる新たな知見が得られたが、この種の組織的な調査研究は緒についたばかりであり不十分である。特に、静穏期の長い火山では大規模噴火や顕著な地殻変動などの異常が発生する可能性があることから、過去に大規模噴火が発生して静穏期の長い火山やカルデラについても、総合的な調査研究を実施する必要がある。

より短期的な噴火ポテンシャルの評価に必要な地震やGPSなどのデータの蓄積も進んでいるが、モデルや経験則に基づき中期的な観点から噴火の可能性を評価できる活火山はまだ一部に過ぎない。今後、噴火ポテンシャル評価が可能な火山の数を増やすためには、常時観測体制の整備と併せて、集中総合観測や火山体構造探査等の組織的な観測研究を実施する必要がある。この際、マグマ溜りを含む深部の解像度を上げるためには、自然地震の高密度観測に加え、人工震源の密度を格段上げて反射法の手法を活用するなど、更なる解析法の工夫や技術開発が不可欠である。同時に、大規模探査を実施するための体制の整備も必要である。

削除: 合わせて

人工衛星や航空機によるリモートセンシング技術が、火山の地殻変動観測、空中磁気観測、熱やガス測定に有効であることが実証された。さらに、火山噴火予知に有効な地殻変動データを得るためには、継続して観測衛星を使用できる状況を確保することが重要である。

我が国で学んだ海外からの研修生や留学生は、自国の火山学や火山防災の発展に寄与しており、国際協力の点でも一定の貢献をした。また、外国の火山に関する共同研究や噴火への緊急対応は、地元防災機関への貢献だけでなく、国内火山との比較研究や大規模噴火の事例研究として、火山噴火予知の高度化を行う上で有効であることが示された。また、雲仙科学掘削プロジェクトのような、多機関が参加する国際共同研究の推進は、基礎科学の推進に加え、国際協力の柱としても重要である。

削除: 緊急

「3. 火山噴火予知体制の整備」では、大学における火山噴火予知体制の機能強化に向けて、研究協力支援部門の設置など観測所の研究体制を充実させるための試みがなされたが、今後の財政的な支援に問題が残るなど根本的な解決になっていない。この例に見られるように、本計画期間には大学における研究者や技術者の増員は確保されず、火山噴火予知体制の機能強化は実現できていない。

削除: むけて

火山噴火予知連絡会では、情報の事前交換やテレビ会議システムの導入により、会議運営の効率化が図られたほか、気象庁の火山業務に係る職員の増員により事務局機能が強化された。

火山活動度レベルの導入が火山情報を分かりやすくし、登山規制等の実施を円滑にする

上で効果があることも 2004年に噴火した浅間山の例でもはっきりした。しかし、防災対応とのリンクが不明確な点もあり、更なる検討が必要である。

削除: この間

また、中央防災会議の「富士山火山広域防災対策基本指針」で、火山情報が防災対策の起点として明確に位置付けられたことは意義が大きい。しかし、このことは同時に、より高度で正確な火山情報の必要性高まったことも意味する。

コメント [i3]: 意見 23

削除: 実用的な防災に向けては、火山情報の更なる高度化をはかることが喫緊の課題となった

「日本の火山ハザードマップ集」が刊行・配布され、火山防災のための基礎資料として活用が期待される。活動度の高い活火山から順次、地質図、火山基本図、火山土地条件図の刊行や公開が進み、また、噴出物の年代や化学分析値などのデータベースが整備されつつあることは評価されるが、詳細な噴火履歴が判明していない活火山も依然多い。

観測が整備されていない火山についても、地震調査研究のために整備された基盤的調査観測網を活用することによって、ある程度の火山性地震の監視が可能になり、火山監視体制の全体の底上げに貢献した。また、地方自治体からのデータ提供によって、観測点の複数化などが図られ、監視能力の向上に役立っている。しかし、基盤観測網については、活火山の近くには配置されていないことから、火山監視のための観測点の整備も併せて追及する必要がある。

コメント [i4]: 「追求する」。分かりにくい。

削除: あわせて

また、地震予知観測網や基盤的調査観測網などの広域地震観測データを用いた地震波速度構造の研究により、島弧火山直下のマントルでのマグマの移動・集積について知見が得られつつある。火山の地下浅部構造については火山体構造探査により理解が進んでいる。しかし、上部マントル内のマグマと火山浅部の火道をつなぐマグマ供給系の位置や形態については明確な描像が得られていない。

以上に述べたように観測研究の成果は順調に上がってきたものの、火山噴火予知の実用化を更に進めるためには、研究者の増員を含めた観測研究の強化や、観測技術の改善など新たな投資がなければ実現不可能な課題が山積している。本計画で当初予定された研究も予算の裏づけがなかったために実現できなかった課題も多い。これらのことは火山噴火予知研究を取り巻く社会的状況の変化から生じており、これまでの計画の推進方法を見直す必要もある。

第6次計画の最終段階で行われた地質調査所（現 産業技術総合研究所）、防災科学技術研究所などの国立研究機関の独立行政法人化につづき、本計画の開始時には、基礎研究の中核的機関として機能してきた国立大学の法人化も行われた。法人化と同時に進行しつつある運営費交付金の年次的な削減は、これまでの公務員定員削減を上回るペースでの定常的な人員削減と着実な研究費削減として定着しつつあり、企業等からの外部資金の導入が困難な火山観測研究の分野では、近い将来、観測研究の縮小を余儀なくされるであろうことが危惧される。現実に、火山噴火予知計画で整備された大学の観測網、データ伝送装置の老朽化は著しいが、更新のめどは立っておらず、課題とされている観測研究の強化を行うことは、もはや困難な状況にきている。

削除: 目処

このように、法人化によって火山噴火予知研究体制の弱体化が懸念される一方、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るなど、適切な防災対策に向けて、高度で、正確な火山情報が要求されている。しかしながら、このような要求に耐えられるような質の高い火山情報を発信できるほど火山噴火予知の実用化は達成されていないため、観測研究の強化や基礎研究の推進を早急に行う必要がある。そのためには、研

コメント [i5]: 意見 24

コメント [i6]: 意見 25

削除: 現実的な防災に向けて

削除: 緊急

究体制の組織的・抜本的見直しが不可欠である。

これまでは、気象庁の観測点を整備するとともに、大学の観測網からのデータを気象庁に分岐することにより、監視観測の強化を図ってきた。しかしながら、今後は大学の観測研究の弱体化が予想される以上、大学からのデータ分岐に頼ってはいは、監視観測の強化すら危ぶまれる。監視観測と観測研究の強化を図るためには、気象庁による監視観測網及びデータ分岐をして監視観測に活用している大学の観測点を、地震調査研究推進本部の基盤観測網と同等か、それ以上に高精度なものに計画的に置き換えることをも考慮されるべきであろう。こうして実現する高精度の基盤的観測網のデータ流通の効率化を前提に、大学の観測がより実験的かつ開発的なものに重心を移し、噴火予知のための基礎研究を更に強力に推進する方策を考えるべきである。このような抜本的な見直しのためには、政府として火山噴火予知研究に関する総合的かつ基本的な施策の立案や、総合的な観測研究計画の策定などの取り組みを行う組織を立ち上げることが必要であろう。

本計画でも火山噴火予知技術の体系化・実用化を進めるためには、研究体制の抜本的・組織的整備が不可欠であることを指摘したが、本期間中には体制整備につながる具体的な動きは見られなかった。今後は実現に向けて具体的な作業が必要である。

コメント [i7]: 意見 26

コメント [i8]: 意見 27

コメント [i9]: 意見 28

削除: むしろ

削除: のように、大学の観測網

削除: は

コメント [i10]: 意見 29