

## 特定火山(三宅島)取りまとめ案

## 1. 火山活動の状況

2000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硫黄(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~~5~~年3月~~末~~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、泥流対策等の応急対策、復興対策を続け、2005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も三宅島周辺での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。

多量の放出が続く火山ガスに対しては、SO<sub>2</sub>二酸化硫黄放出量の繰り返し観測を行っている。これは当初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、小型紫外分光計を用いたSO<sub>2</sub>二酸化硫黄放出量測定装置(DOAS)を開発して観測を行っている(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(産業総合技術研究所)を用いた水蒸気放出量観測、~~ヘリコプター~~を利用した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)、火山専用空中赤外映像装置(VAM-90A)を実験的に改造したSO<sub>2</sub>検出実験(防災科学技術研究所)や衛星画像を用いたSO<sub>2</sub>放出量測定法の開発(産業総合技術研究所)を実施した。また、数値気象モデルを利用した~~て、地表でのSO<sub>2</sub>濃度を評価するための火山ガス拡散モデルの~~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・産業総合技術研究所）。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）を定期的実施している。航空機による周辺海域も含めた熱計測、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、特にメルト包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（産業総合技術研究所・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（産業総合技術研究所）。

地殻変動については、前述の常時観測に加え、外周道路およ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、三宅島およ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や写真測量による精密地形計測（国土地理院）を実施した。また、5,000 分の 1 火山基本図「三宅島（I）～（VI）」を平成 16 年に整備し、この 4 面を編集した 12,000 分の 1 火山地形図を整備した（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もとに、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 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など、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など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はじ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  $\text{SO}_2$  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  $\text{SO}_2$  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、その後はほぼ一定であるのに対し、火山ガス組成は全ての期間を通じ、ほぼ一定である。その中で、水蒸気放出量には、噴煙活動開始直後（2000 年 9 月）に際だって大きくその後減少した後は  $\text{SO}_2$  放出量の変動と同様の変化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蒸発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など）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、その結

果、三宅島における大規模な長期火山ガス放出活動は、火道内マグマ対流脱ガスにより、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脱ガスし、再びマグマ溜まりに戻るといった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。

~~火山ガス拡散モデルを用いた解析により、~~地表での  $\text{SO}_2$  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。

$\text{SO}_2$  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、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こと、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こと、Banded Tremor が間欠的に発生していること、火山性連続微動の振幅は  $\text{SO}_2$  放出量とよい相関を示すことが明らかとなった。

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。 $\text{SO}_2$  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ま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増圧が再開していることが明らかになっている。

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

~~三宅島および神津島における繰り返し重力測定結果は、2000年噴火以降の初期には三宅島直下から西方へマグマが流出貫入し、その後は三宅島へ神津島間の地殻下部からマグマが上昇貫入し、開口割れ目の形成を引き起こしたらしいことと調和的である。~~

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できた。特に、三宅島の  $\text{SO}_2$  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



一タとなるとともに、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は、わが国では初めて、玄武岩質マグマのマグマ溜まりからの地下流失を近代機器で観測したという火山学的に稀な事例であった。この観測で得られた良質の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、マグマ溜まりの空間的広がりや中心火道との関係など、まだ解決されていない基本的な問題が残っている。さらにデータの分析をもと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  $\text{SO}_2$  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の考えがある。この現象を捉える観測（電磁気、重力を併用した観測、および、掘削坑を利用した地下水の連続観測や電磁気 3 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の、~~各種の火山ガス観測手法が開発された。~~今後、火山ガス組成比の観測などの事例を蓄積し、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～数ヶ月に一回程度の観測にとどまっています。~~現状であり時間分解能が低い。特に、~~短期間の火山ガス放出量や組成の変動を火山性地震の群発や地殻変動などの地球物理学的データの変化との比較するを行う~~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などを用いて同時に多方向の  $\text{SO}_2$  を観測できるような装置など、火山ガス放出量・組成の連続観測手法の開発が重要必要である。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。~~火山ガスの流下状況を面的に把握する技術開発も重要である。火山ガス拡散モデルは、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。また、火山ガス組成比の観測については、今後は携帯型のセンサーを用いた観測などにより、事例を蓄積し、火山ガス組成と火山活動との関連に関する研究を推進する必要がある。~~

~~2000 年以降の三宅島の火山活動は、玄武岩質マグマのマグマ溜まりからの地下流失を近代機器で観測したという火山学的に稀な事例であった。この観測で得られた良質の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、マグマ溜まりの空間的広がりや中心火道との関係など、まだ解決されていない基本的な問題が残っている。さらにデータの分析をもと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。~~

~~三宅島で  $\text{SO}_2$  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の考えもある。この現象を捉える観測（電磁気、重力を併用した観測、および、掘削坑を利~~

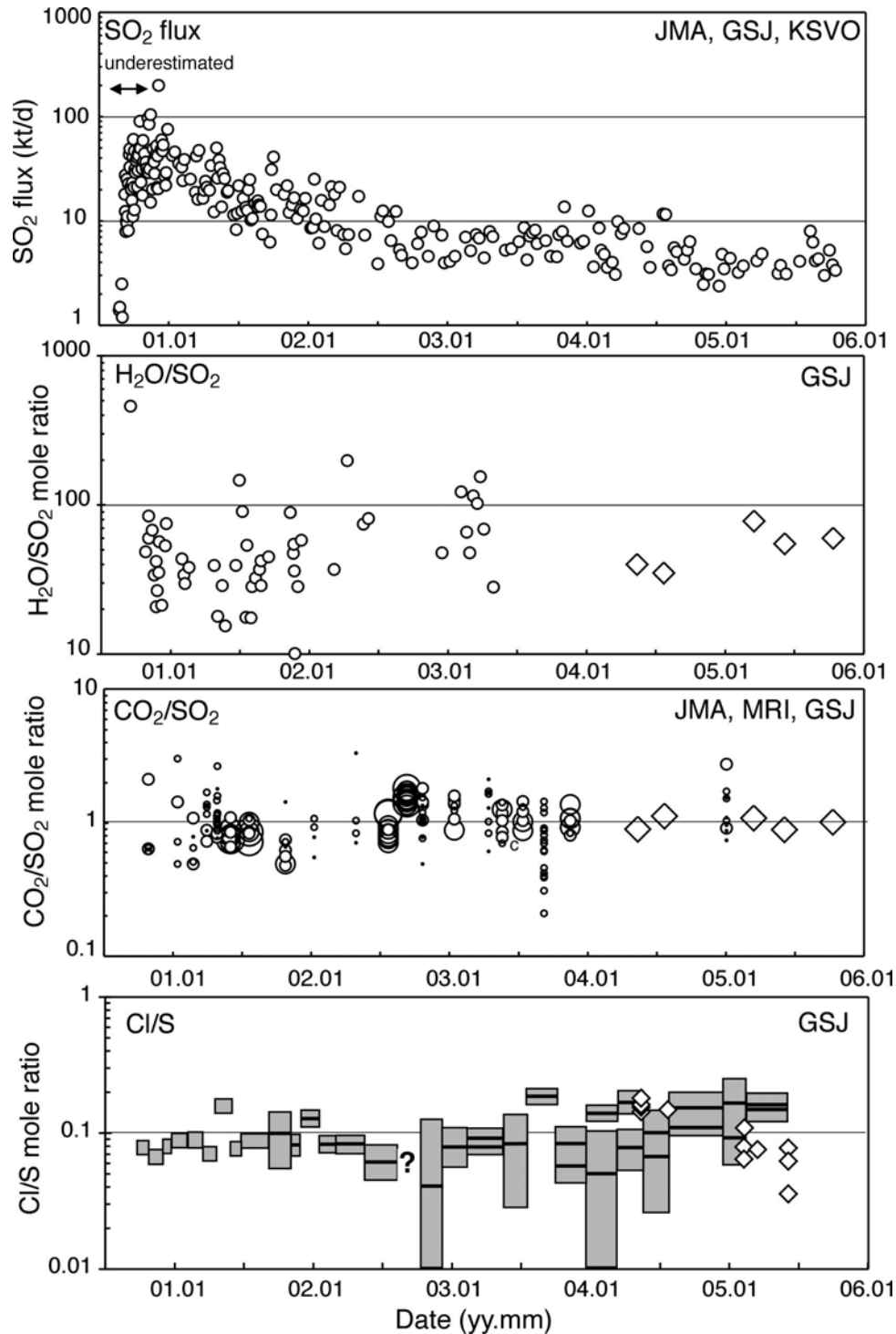
~~用した地下水の連続観測や電磁気3次元連続観測)を行うことが必要であろう。~~

~~また、山頂にカルデラが形成されている現状から、今後、どのように火山活動が推移していくのかのシナリオの検討が必要である。特に地下水の中心火道への侵入の影響や火口湖形成の可能性と今後の噴火への影響を考慮することが必要である。~~

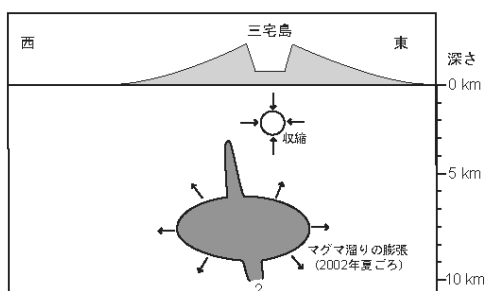
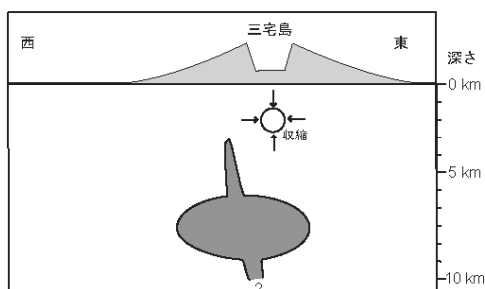
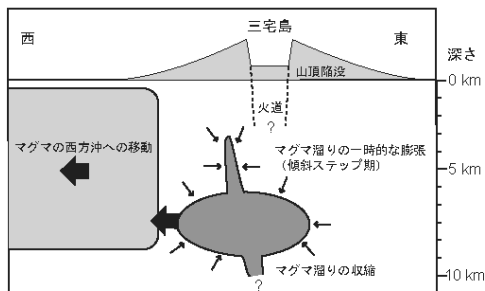
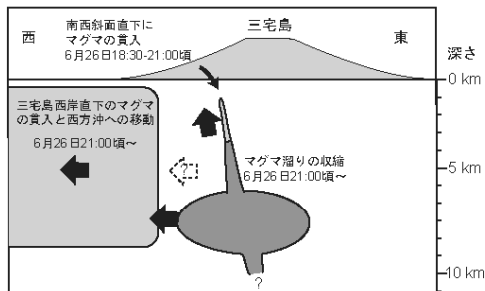
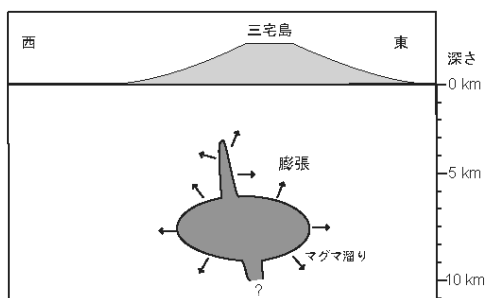
三宅島における地震・地殻変動等の常時観測については、今後も継続していく必要があるが、SO<sub>2</sub>二酸化硫黄ガスの高レベルでの放出が続き、また山腹では依然道路の損壊が頻発している厳しい環境下で、連続観測を継続することは、種々の困難がある。機関をまたがる観測データの共有と統一解析を今後も推進していくことが望ましい。また、無人機材を使った遠隔観測の試みが行なわれたが、簡便、安価で確実に実施できるような機器の開発が必要である。

~~また、火山活動が安定している今のうちに、三宅島2000年噴火の火砕物の堆積状況やその特性について調査し、得られた結果をとりまとめ公表することも重要である。~~

この活動の間、10年前には考えられない程、質、量ともにすぐ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が、今後も、メディア技術進歩を充分取りいれながら情報共有を進めていくことが重要であるが、災害発生時の観測・監視を実施するとともに慎重な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を行う必要がある。



三宅島火山ガス観測結果。第1段：SO<sub>2</sub> 二酸化硫黄放出量。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（~~火山噴火予知連絡会会報~~）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agma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agma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agmaの貫入と、マagma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agmaの西方への移動とマagma溜りの収縮が続く。7月8日~8月18日に、マagma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agma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agma溜りの収縮はほぼ停止。2002年6-12月にマagma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(火山噴火予知連絡会会報)による(火山噴火予知連絡会会報)。

## < 特定火山論文リスト >

### (査読論文)

- Amma-Miyasaka, M., Nakagawa, M. and Nakada, S. (2005) Magma plumbing system of the 2000 eruption of Miyakejima Volcano, Japan, *Bull. Volcanol.*, 67, 254-267.
- 坂東信人・仮屋新一・木股文昭・中尾茂・及川純・渡辺秀文・鶴川元雄・藤田英輔・河合晃司・松島健・宮島力雄・奥田隆 (2005) GPS 観測による 2000 年 7 月 14 日三宅島火山噴火に伴う地殻変動, *火山*, 50, 173-182.
- Fujita, E, Ukawa, M and Yamamoto, E., Okada, Y. (2002) Cyclic jerky opening of magma sheet and caldera formation during the 2000 Miyakejima volcano eruption, *Geophysical Research Letters*, 29, 10, 1029-10, 1032.
- 藤田英輔・鶴川元雄・山本英二 (2002) 三宅島火山活動の発端となった岩脈貫入のシナリオ, *地震研究所彙報*, 77, 67-75.
- Fujita, E, Ukawa, M and Yamamoto, E. (2004) Subsurface cyclic magma sill expansions in the 2000 Miyakejima volcano eruption: Possibility of two-phase flow oscillation, *Journal of Geophysical Research-Solid Earth*, 109, B04205-10. 1029.
- Furuya, M., Okubo, S., Kimata, F., Miyajima, R., Meilano, I., Sun, W. (2003) Mass budget of the magma flow in 2000 volcano-seismic activity at Izu-Island, Japan. *Earth Planets Space*, 55, 375-385.
- Furuya, M., Okubo, S., Sun, W., Tanaka, Y., Oikawa, J., Watanabe, H. and Maekawa, T. (2003) Spatiotemporal gravity changes at Miyakejima Volcano, Japan: caldera collapse, explosive eruptions and magma movement. *J. Geophys. Res.*, 108-B410, 1029/2002JB001989.
- 古屋正人・大久保修平・田中愛幸・孫 文科・渡辺秀文・及川 純・前川徳光 (2001) 重力の時空間変化でとらえた三宅島 2000 年火山活動におけるカルデラ形成過程. *地学雑誌*, 110, 217-225.
- Geshi, N., Shimano, T., Chiba, T. Nakada, S. (2002) Caldera collapse during the 2000 eruption of Miyakejima volcano, Japan. *Bull. Volcanol.*, 64, 55-68.
- 下司信夫・嶋野岳人・長井雅史・中田節也 (2002) 三宅島火山 2000 年噴火のマグマ供給系. *火山*, 47, 419-434.
- 平林順一 (2003) 火山ガスと防災. *質量学会誌*, 51, 119-124.
- Irwan, M., Kimata, F., Fujii, N., Nakao, S., Watanabe, H., Sakai, S., Ukawa, M., Fujita, E., Kawai, K. (2003) Rapid ground deformation of the Miyakejima Volcano 26-27 June 2000 detected by kinematic GPS analysis. *Earth Planets Space*, 55: e13-16.
- Kaneko, T., Geshi, N., Wooster, M.J., Shimano, T., Nagai, M., Nakada, S. (2001) RADARSAT determination of the outlines of the successively collapsing caldera at the Miyakejima 2000 eruption, Japan. *Bull. Volcanol. Soc. Japan*, 46, 205-209.
- Kaneko, T., Yasuda, A., Shimano, T., Nakada, S., Fujii, T., Kanazawa, T., Nishizawa, A., Matsumoto, Y. (2005) Submarine flank eruption preceding caldera subsidence during the 2000 eruption of Miyakejima Volcano, Japan. *Bull. Volcanol.*, 67, 243-253.



- 風早康平・平林順一・森 博一・尾台正信・中堀康弘・野上健治・中田節也・篠原宏志・宇都浩三 (2001) 三宅島火山 2000 年噴火における火山ガス—火山灰の付着ガス成分および SO<sub>2</sub> 放出量から推定される脱ガス環境. 地学雑誌, 110, 271-279.
- Kazahaya, K., Shinohara, H., Uto, K., Odai, M., Nakahori, Y., Mori, H., Iino, H., Miyashita, M., Hiranbayashi, J. (2004) Gigantic SO<sub>2</sub> emission from Miyakejima volcano, Japan, caused by caldera collapse. *Geology*, 32, 425-428.
- 菊地正幸・山中佳子・瀨瀨一起 (2001) 三宅島 2000 年噴火活動に伴う長周期地震のメカニズムとその解釈. 地学雑誌, 110, 204-216.
- Kumagai, H. Ohminato, T., Nakano, M., Ooi, M., Kubo, A., Inoue, H., Okiawa, J. (2001) Very-long-period seismic signals and caldera formation at Miyake island, Japan. *Science*, 293, 687-690.
- Matsushima N. (2005), H<sub>2</sub>O emission rate by the volcanic plume during the 2000- 2002 Miyakejima volcanic activity, *Geophys. Res. Lett.*, 32, L14307, doi:10.1029/2005GL023217.
- Nakada, S., Nagai, M., Kaneko, T., Nozawa, A., Suzuki-Kamata, K. (2005) Chronology and products of the 2000 eruption of Miyakejima Volcano. *Bull. Volcanol.*, 67, 205-218.
- 中田節也・長井雅史・安田 敦・嶋野岳人・下司信夫・大野希一・秋政貴子・金子隆之・藤井敏嗣 (2001) 三宅島 2000 年噴火の経緯—山頂陥没口と噴出物の特徴—. 地学雑誌, 110, 168-180.
- Naoe, H., J. Heizenberg, K. Okada, Y. Zaizen, K. Hayashi, T. Tateishi, Y. Igarashi, Y. Dokiya, K. Kinoshita (2003) Composition and size distribution of submicrometer aerosol particle observed on Mt. Fuji in the volcanic plumes from Miyakejima. *Atmospheric Environment*, 37, 3047-3055.
- Nishimura, T., Ozawa, S., Murakami, M., Sagiya, T., Tada, T., kaizu, M. and Ukawa, M. (2001) Crustal Deformation caused by magma migration in the northern Izu Islands, Japan. *Geophysical Research Letters*, 28, 3745-3748.
- 西村卓也・村上 亮・小沢慎三郎・石本正芳・鷲谷 威・矢来博司・多田 堯・海津 優・鶴川元雄 (2002) 三宅島 2000 年噴火前後の地殻変動と変動源の推定 —1983 年噴火後から 2001 年 5 月までの収縮・膨張源—, 東京大学地震研究所彙報, 77, 55-65.
- Nishizawa, A., T. Ono, Y. Otani (2002) Seismicity and crustal structure related to the Miyake-jima volcanic activity in 2000. *Geophysical Research Letters*, 29, 12, 1-4.
- Saito G., Uto K., Kazahaya K., Shinohara H., Kawanabe Y. and Satoh H. (2005) Petrological characteristics and volatile content of magma from the 2000 eruption of Miyakejima Volcano, Japan. *Bull. Volcanol.*, 67, 268-280.
- 酒井慎一・山田知朗・井出 哲・望月将志・塩原 肇・卜部 卓・平田 直・篠原雅尚・金沢敏彦・西澤あずさ・藤江 剛・三ヶ田 均 (2001) 地震活動から見た三宅島 2000 年噴火時のマグマの移動. 地学雑誌, 110, 145-155.
- 笹井洋一・上嶋 誠・歌田久司・鍵山恒臣・Zlotnicki J.・橋本武志・高橋優志 (2001) 地磁気. 地電位観測から推定される三宅島火山の 2000 年活動. 地学雑誌, 110, 226-244.

- Sasai, Y., Uyeshima, M., Zlotnicki, J., Utada, H., Kagiya, T., Hashimoto, T., Takahashi, Y. (2002) Magnetic and electric field observations during the 2000 activity of Miyake-jima volcano, Central Japan. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 203, 769-777.
- Sasaki, H, N. Seino, J. Sato and M. Chiba (2002) Development of a dispersion model for volcanic gas over Miyake Island. *J. Meteor. Soc. of Japan*, 80, 279-288.
- Seino, N., H. Sasaki, J. Sato, M. Chiba (2004) High-resolution simulation of volcanic sulfur dioxide dispersion over the Miyake island. *Atmospheric Environment*, 38, 7073-7081.
- 新堀賢志・津久井雅志 (2003) 最近 1 万年間における三宅島火山のマグマ供給系の進化. *火山*, 48, 387-405.
- Shinohara, H, K. Kazahaya, G. Saito, K. Fukui and M. Odai (2003) Variation of CO<sub>2</sub>/SO<sub>2</sub> ratio in volcanic plumes of Miyakejima: Stable degassing deduced from heliborne measurements: *Geophys. Res. Lett.*, 30, No. 23, 10.1029/2002GL016105.
- Shinohara, H, K. Fukui, K. Kazahaya and G. Saito (2003) Degassing process of Miyakejima volcano: Implications of gas emission rate and melt inclusion data : in “Melt Inclusions in Volcanic Systems” , *Advances in Volcanology* Vol. 4, (eds. B. de Vivo and B. Bodnar), Elsevier, p. 147-161.
- 高山博之, 吉田明夫 (2002) 2000 年三宅島・神津島・新島付近の群発地震活動における b 値の空間分布と時間変化. *地震*, 55, 295-300.
- 津久井雅志・新堀賢志・川辺禎久・鈴木裕一 (2001) 三宅島火山の形成史. *地学雑誌*, 110, 156-167.
- 寺田暁彦・井田喜明・大湊隆雄 (2003) Windows マシンを用いた自動噴煙観測システムによる三宅島火山噴煙の観測. *火山*, 48, 445- 459.
- Ueda, H., Fujita, E., Ukawa, M., Yamamoto, E., Irwan, M. and Kimata, F. (2005) Magma intrusion and discharge process at the initial stage of the 2000 activity of Miyakejima, central Japan, inferred from tilt and GPS data, *Geophys. J. Int.*, 161, 891-906.
- Uhira, K., T. Baba, M. Mori, H. Katayama, N. Hamada (2005) Earthquake swarms preceding the 2000 eruption of Miyakejima volcano, Japan. *Bull. Volcanol.* 67, 219-230.
- Urai M (2004) Sulfur dioxide flux estimation from volcanoes using Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer - a case study of Miyakejima volcano, Japan. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 134 (1-2): 1-13.
- 宇都浩三・風早康平・斉藤元治・伊藤順一・高田亮・川辺禎久・星住英夫・山元孝広・宮城磯治・東宮昭彦・佐藤久夫・濱崎聡志・篠原宏志 (2001) 三宅島火山 2000 年噴火のマグマ上昇モデル. *地学雑誌*, 110, 257-270.
- Yamaoka, K., Kawamura, M., Kimata, F., Fujii, N., Kudo, T. (2005) Dike intrusion associated with the 2000 eruption of Miyakejima volcano, Japan. *Bull. Volcanol.*, 67, 231-242.
- 安田敦・中田節也・藤井敏嗣 (2001) 2000 年三宅島噴出物の melt inclusion に 記録さ

れた S 濃度と fO<sub>2</sub> 環境. 火山, 46, 165-173.

(査読なし論文・報告書等)

- 防災科学技術研究所 (2002) 火山専用空中赤外映像装置による三宅島の山体表面温度観測結果, 火山噴火予知連絡会会報, 80, 58-60.
- 防災科学技術研究所 (2002) 火山専用空中赤外映像装置による三宅島の山体表面温度観測結果, 火山噴火予知連絡会会報, 81, 50-53.
- 防災科学技術研究所 (2002) 三宅島の地震活動・傾斜変動, 火山噴火予知連絡会会報, 81, 57-62.
- 防災科学技術研究所 (2003) 航空機搭載 MSS による三宅島の SO<sub>2</sub> ガス濃度分布の定量, 火山噴火予知連絡会会報, 82, 79-80.
- 防災科学技術研究所 (2003) 三宅島の地震活動・傾斜変動, 火山噴火予知連絡会会報, 83, 42-47.
- 防災科学技術研究所 (2003) 三宅島の地震活動・傾斜変動, 火山噴火予知連絡会会報, 84, 42-47.
- 防災科学技術研究所 (2003) 火山専用空中赤外映像装置による三宅島の山体表面温度観測結果, 火山噴火予知連絡会会報, 84, 22-25.
- 防災科学技術研究所 (2003) 火山専用空中赤外映像装置による三宅島の山体表面温度観測結果, 火山噴火予知連絡会会報, 85, 58-60.
- 防災科学技術研究所 (2003) 航空機搭載 MSS による三宅島の SO<sub>2</sub> ガス濃度分布の定量, 火山噴火予知連絡会会報, 85, 61-62.
- 防災科学技術研究所 (2003) 三宅島の地震活動・傾斜変動, 火山噴火予知連絡会会報, 85, 63-69.
- 防災科学技術研究所 (2004) 火山専用空中赤外映像装置による三宅島の山体表面温度観測結果, 火山噴火予知連絡会会報, 86, 72-73.
- 防災科学技術研究所・国土地理院 (2004) 2000 年三宅島噴火活動に関連する地殻変動の変動源モデルの推定, 火山噴火予知連絡会会報, 87, 28-34.
- 防災科学技術研究所 (2004) 三宅島の地震活動・地殻変動, 火山噴火予知連絡会会報, 88, 74-80.
- 防災科学技術研究所 (2005) 火山専用空中赤外映像装置による三宅島の山体表面温度観測結果(2004年11月4日観測、速報画像判読結果), 火山噴火予知連絡会会報, 90, 104-107.
- 千葉 長, 佐々木秀孝, 清野直子, 佐藤純次 (2003) 数値モデルを用いた三宅島火山ガスの地表濃度推定の試み. 南太平洋海域調査研究報告, 37 (列島火山の噴煙活動を探る), 76-83.
- 長谷川裕之・村上亮・政春尋志・松尾馨・小荒井衛 (2001) 三宅島山頂の陥没地形の計測, 国土地理院時報, 95, 121-128.
- 鍵山恒臣 (2001) 噴火予知における地下水の重要性. 月刊地球, 23, 801-805.
- 鍵山恒臣・小山悦郎・杉岡 学・笹井洋一・小山 茂・藤井郁子・瀧沢倫明・伊藤信和・碓井勇二 (2002) 最近の三宅島の全磁力変化. 月刊地球, 号外 39, 115-120.
- 風早康平・篠原宏志・尾台正信・堀 博一・中堀康弘・飯野英樹・平林順一 (2002) 三宅

- 島 2000～2002 活動における SO<sub>2</sub> 放出量観測と問題点. 月刊地球, 号外 39, 130-135.
- 気象庁・産総研・東工大 (2004) 三宅島における二酸化硫黄 (SO<sub>2</sub>) 放出量の観測 (2000 年 9 月～2004 年 1 月). 噴火予知連絡会報, 87, 26-27.
- 気象庁 (2005) 三宅島 活動の概要. 火山噴火予知連絡会最近 10 年のあゆみー火山噴火予知連絡会 30 周年特別号ー, 162-171.
- 気象庁 (2006) 平成 12 年 (2000 年) 三宅島噴火及び新島・神津島近海の地震活動調査報告. 気象庁技術報告, 準備中.
- 村上亮 (2002) 三宅島の地下で何が起きているのか?ー降下ピストンの強制冷却による三宅島の脱ガスモデルー, 月刊地球, 25, 91-96.
- 直江寛明, 岡田菊夫 (2003) 富士山頂で観測された三宅島火山ガス噴煙中のエアロゾル粒子. 南太平洋海域調査研究報告, 37 (列島火山の噴煙活動を探る), 58-65.
- Sato, J., H. Sasaki, N. Seino and M. Chiba (2001) The multi-nested high-resolution model for the dispersion of volcanic SO<sub>2</sub> over the Miyake Island. *Proceedings of the 7th International Joint Seminar on the Regional Deposition Processes in the Atmosphere*, 76-84.
- 笹井洋一・上嶋 誠・歌田久司・鍵山恒臣 (2000) 電磁気で見た 2000 年三宅島火山活動. 東京大地震研広報, 31, 2-8.
- Seino, N., H. Sasaki, J. Sato and M. Chiba (2002) High-resolution Simulation of Flow and Dispersion of Volcanic SO<sub>2</sub> over the Miyake Island. *Proceedings of the 1st meeting of the International Environmental Modeling and Software Society*, Vol. 2, 290-295.
- 篠原宏志, 福井敬一, 風早康平, 斉藤元治 (2001) 三宅島の脱ガス活動ー火山ガス観測の意義ー. 月刊地球, 23, 770-775.
- Shinohara H., K. Fukui, K. Kazahaya, G. Saito, and N. Matsushima (2003) Degassing process of Miyakejima volcano: implications of gas emission rate and melt inclusion data. in B. De Vivo and R. J. Bodnar (eds). *Melt Inclusions in Volcanic Systems: Methods, Applications and Problems. Developments in Volcanology* 5, Elsevier, 147-161.
- 寺田暁彦 (2003) 三宅島火山の噴煙運動解析. 東京大地震研技術報告, 9, 10.
- 寺田暁彦・井田喜明 (2003) 三宅島火山の噴煙活動. 南太平洋海域調査研究報告, 37, 40-49.
- 寺田暁彦・井田喜明 (2002) 三宅島火山の噴煙高度変動と逆転層との関係. 月刊地球, 号外 39, 121-129.
- 津久井雅志・川辺禎久・新堀賢志 (2005) 三宅島火山地質図. 火山地質 12. 地質図および同説明. 産総研地質調査総合センター.
- 津久井雅志・新堀賢志・川辺禎久 (2002) 三宅島火山 2000 年陥没カルデラ. 東京大地震研彙報, 77, 27-42.
- Wright, T.L., Sakai, S (2004) Interpretation of the Miyakejima 2000 eruption and dike emplacement using time animations of earthquakes. *Bull. Earthq. Res. Inst. Univ. Tokyo*, 79, 1-16.
- 安田 敦・中田節也・藤井敏嗣 (2002) 三宅島 2000 年噴火: 噴出物中のガラス包有物組成

の特徴と SO<sub>2</sub> 大量放出の要因. 東京大地震研彙報, 77, 43-54.