

三宅島2000年噴火

—ヘリ観測編—

川邊禎久¹⁾・宮城磯治¹⁾・東宮昭彦¹⁾・伊藤順一¹⁾・中野 俊¹⁾・高田 亮¹⁾・宇都浩三¹⁾・松島喜雄¹⁾
山元孝広¹⁾・石塚吉浩¹⁾・星住英夫¹⁾・濱崎聡志¹⁾・佐藤久夫¹⁾・斎藤元治¹⁾・須藤 茂¹⁾・栗原 新¹⁾
浦井 稔¹⁾・風早康平¹⁾・篠原宏志¹⁾・石塚 治¹⁾・下司信夫¹⁾・金子克哉²⁾

1. はじめに

2000年6月の群発地震活動に始まった三宅島2000年噴火は、山頂部の陥没、カルデラ形成、そして例を見ない大量の二氧化硫黄(SO₂)ガスの放出と、想定を越えた現象が起こっています。2000年9月から始まった全島民の島外避難も、すでに1年半を越えましたが、SO₂ガスの大量放出は続き、いまだ全面的な帰島の目処はたっていません。

産総研 地質調査総合センターでは、地質調査所時代から三宅島について地質図の発行(一色, 1960), 1983年噴火の研究(例えば曾屋ほか, 1984)など多くの研究を行ってきました。今回の三宅島の火山活動に対しても様々な観測・研究を行っています(宇都ほか, 2001, 宮城ほか, 2001, 佐藤ほか, 2001, 2002)が、その一環として、三宅島上空からのヘリコプターによる火口観測(以下ヘリ観測)に気象庁・大学などと協力して研究者を搭乗させ、目視観測、温度測定などを行っています。

ここではヘリ観測がどのように行われるのかを紹介するとともに、ヘリ観測から得られた三宅島火山活動の変化について報告します。口絵1-2ページでも最近の三宅島の様子を紹介していますので、そちらも参照してください。なお、産総研 地質調査総合センター三宅島火山噴火対応チームによるヘリ観測で得られた情報は、気象庁にすぐに提供され、火山観測情報として発表されるほか、産総研wwwページなどでの公開、火山噴火予知連、学会などでも報告を行っています。ヘリ観測報告など三宅島に関する最新の報告は、<http://www.gsj.go.jp/dEG/sVOLC/miyake2000/miyakeindex.html>を御参照下さい。

2. ヘリ観測—どのように行われるか—

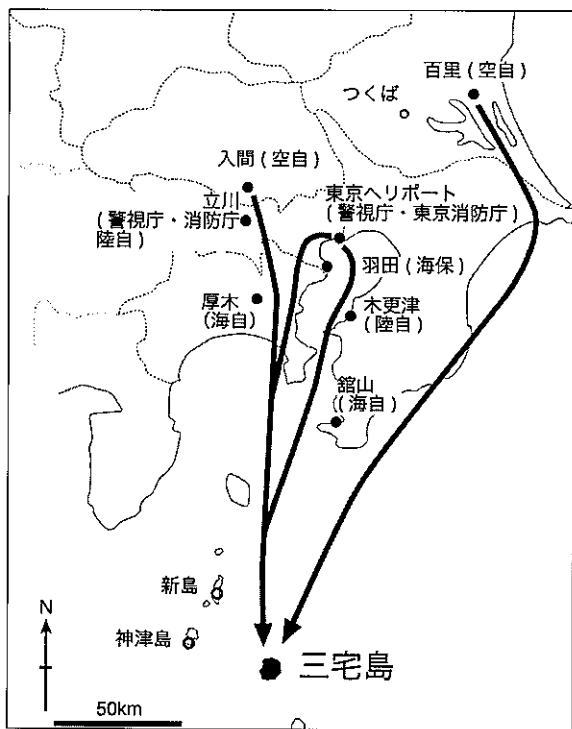
活動中の火口周辺の変化や噴煙の様子などを目視で観察しておくことは、様々な観測機器から得られたデータを解釈し、火山噴火活動のモデルを作るうえで欠かせないものです。三宅島では、そのためのヘリ観測が、2000年8月下旬から行われるようになりました。今回の三宅島噴火活動の場合、約450m以上も落ち込んだ山頂カルデラ内の様子を安全に観察する手段は空から観察する方法しかないので、ヘリ観測の重要性が特に大きくなっています。

ヘリ観測は、計画や連絡は気象庁が、実際のヘリの運行は警視庁、東京消防庁、海上保安庁、自衛隊が持ち回りで担当し、産総研や大学、気象庁から派遣された専門家が搭乗して行われます。ヘリ観測の頻度は最初の約3ヶ月は毎日、その後は火山活動の安定化とともに次第に頻度を減らし、2001年10月以降は週1回のペースです。実施されたヘリ観測は、2002年4月末現在計180回、このうち産総研は130回の観測に参加しています。運行担当機関が多いため、ヘリが発進する基地は関東地方の計8ヶ所(第1図)、ヘリコプターの種類も延べ8機種になります。ヘリの出発する基地はつくばから遠いところもあり、まだ日が昇らないうちに出発しなければならないこともあります。観測が行われるかどうかは、よほど天候が悪いことが前日に予想されない限り、当日の朝7時頃に決定します。そのため時には基地への移動途中で中止連絡が入り、天候を呪いながらつくばに引き返すこともあります。

基地に着くと、同行する大学研究者、気象庁職員の方たち、それにヘリのパイロットと簡単な打ち

1) 産総研 地質調査総合センター
2) 現 京都大学 総合人間学部

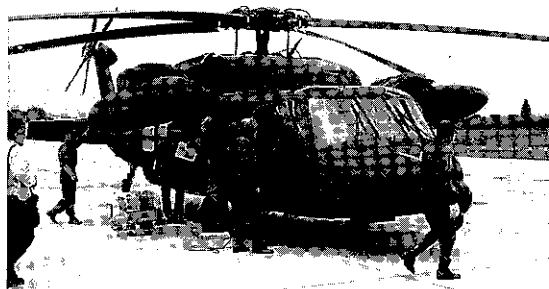
キーワード: 三宅島, カルデラ, 噴火, 2000年, 目視観測



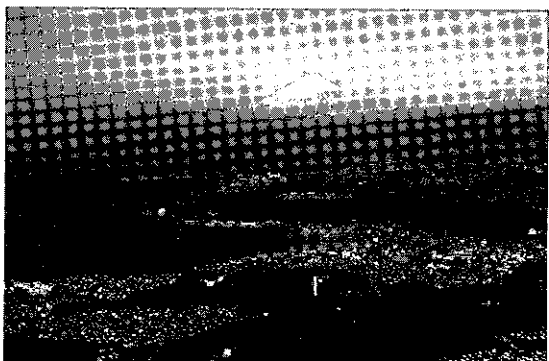
第1図 ヘリコプター発進基地と運行機関名、ならびに三宅島への飛行ルート。新島と神津島には給油のため立ち寄ることがある。

合わせを行い、フライトスケジュールや観察事項などを確認、その後洋上飛行を行うため、救命胴衣などの救命装具を着用します。写真撮影や赤外放射温度計観測などドアを開けて観測するときのために、落下防止用の命綱(モンキーバンド)をつけることもあります。装具をつけるとやや動きにくくなりますが、安全のためには必要なもの、おろそかにはできません。ただ明るい黄色の救命胴衣は、ガラスに写り込んでしまうため撮影時に困ることもあります。装具を身につけ、カメラ、ビデオカメラなどを手にヘリまで乗りこみます。気象庁の方が担当するCOSPEC観測用の機材も積み込みます(第2図)。観測要員は4-5名、ヘリ乗員が3-5名。小さな機体だとちょっと窮屈でしょうか。

離陸後、空港などの空域を避けた飛行ルートで三宅島まで飛行します。飛行ルートにもよりますが、三宅までの飛行時間はおおよそ1時間弱。上空での観測時間は、通常30分程度、COSPEC観測を含めると1時間半から2時間程度の観測時間です。神津島か新島で給油した後、各基地に帰るといふフ



第2図 ヘリコプターへの機材搬入。台車に乗せられているのはCOSPEC。立川基地にて撮影。

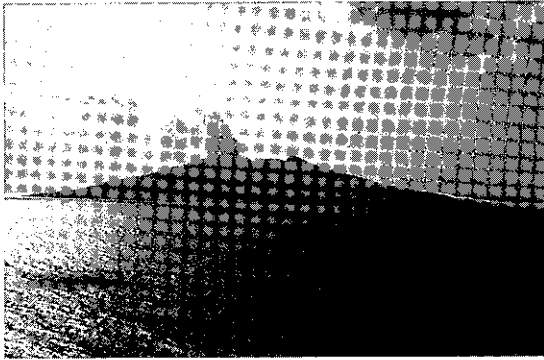


第3図 ヘリから見た鎌倉市街、江ノ島、富士山。2001年11月14日撮影。

ライトが一般的で、基地から出発して帰着までの時間は、短くて3時間、長ければ6時間前後、いずれにせよつくばからは一日がかりの観測になります。天気が良い日は、横浜・鎌倉の市街地や富士山、伊豆七島などを眺めながら(第3図)のフライトでかなり快適ですが、季節風の吹く冬など風が強い日はかなり揺れ酔ってしまうこともあります。視界が良ければ伊豆大島を過ぎたあたりで噴煙を上げる三宅島が見えてきます。雲や噴煙の様子、噴煙高度、風向きを確認して、どの方角から観測を開始するかを判断してもらい、いよいよ観測を開始します。

3. カルデラ内の様子-主火口と噴煙の観測-

まず噴煙量、噴煙高度、噴煙の色などを観測します。噴煙高度は、海面からカルデラ縁までの高



第4図 東海上から見た三宅島と噴煙。北側最高点が海拔約800m、南側カルデラ縁が約700m。それを目安に噴煙高度を推測する。この日は火口直上で海拔高度約1,400m程度まで噴煙が上がっている。2001年11月14日撮影。

さは約700-800mなので、それをもとに目測、または噴煙頂部まで上昇してもらって飛行高度を教えてください。今年に入ってからの噴煙量は2000年末頃に比べると明らかに減少し、二酸化硫黄を含む青白色の火山ガスも一時期ほどは目立たなくなってきました。COSPEC観測でも2000年末までの平均42,000トン/日の二酸化硫黄放出量だったものが、2001年は21,000トン/日、今年に入ってから1万トン/日を切る日も多くなっています(風早ほか, 2002)。また小噴火による火山灰を含んだ有色噴煙も時々観測されますが、2000年9月以前のような大規模な噴火は起きていません。消長はあるものの、活動そのものは2000年より明らかに弱まっているようです。

高度を取りながら接近すると、三宅島山頂に大きく開いたカルデラが見えてきます。2000年噴火でできたカルデラは、直径は約1.6-1.7kmほど、カルデラ縁からカルデラ底までの深さは450mを越えます(国土地理院)。直径は皇居がほぼ全部入ってしまう大きさ、深さは高さ333mの東京タワーがすっぽり隠れてしまう穴を思い浮かべて下さい(第5図)。上空から見ると、まさにカルデラの語源のとおり大鍋そのもの。非常に印象的な光景です。

南のカルデラ壁に寄りかかるように成長した比高200mほどの火砕丘には、径400mほどの火口(以後主火口)があります(口絵2)。この主火口から大量の噴煙と火山ガスが出ているほか、主火口から西北西方向に伸びる噴気帯と火砕丘北腹、北

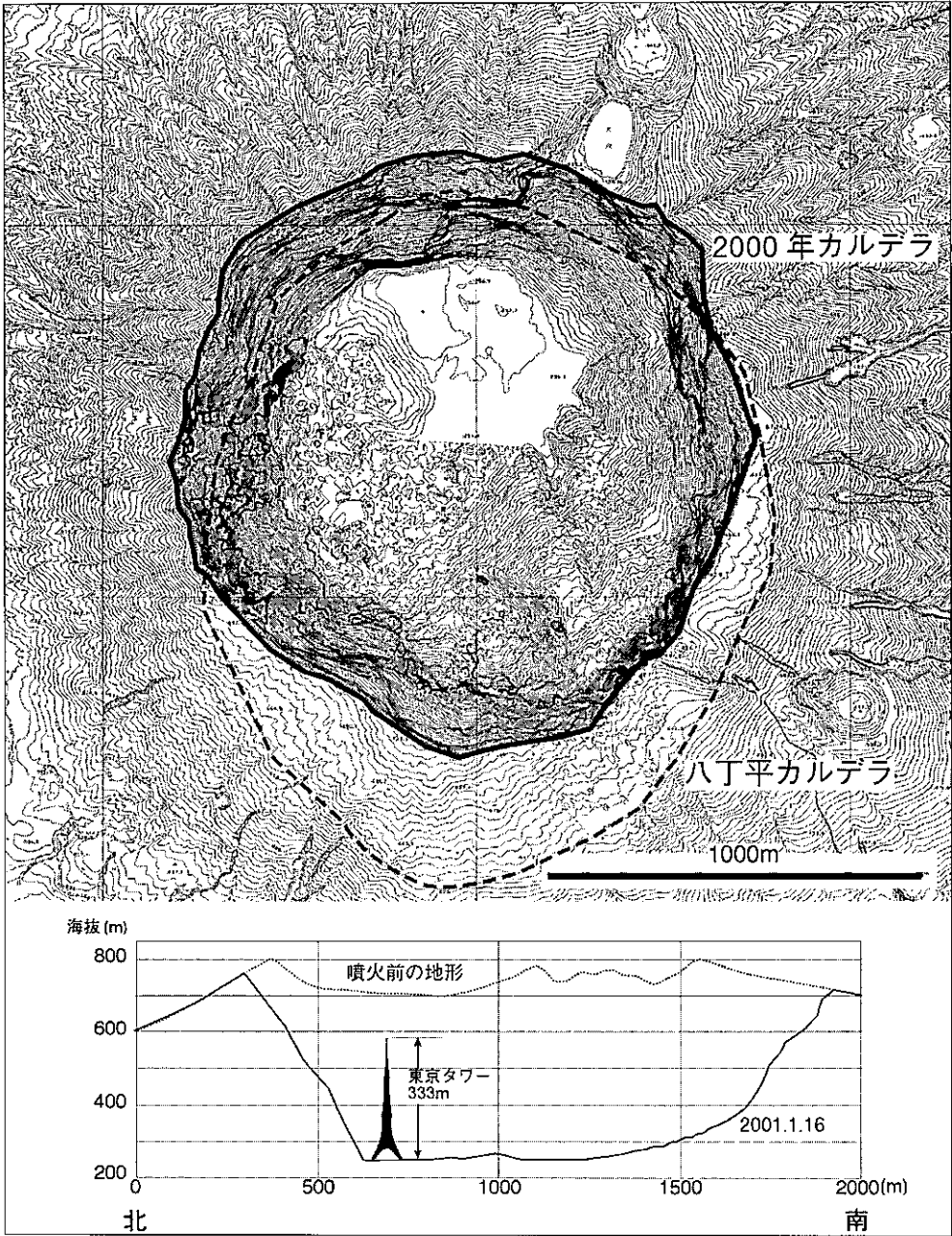
東腹の谷に沿っても噴気が出ています。これらの位置や形は2000年9月以降ほとんど変化はありません。主火口は、2001年初夏ごろから噴煙、火山ガス放出量がやや減少するとともに、内部が見えることが多くなり、火口内の様子がある程度わかってきました。

火口は浅い北側火口と深い南側火口の2つの火口からなります(口絵3)。北側火口は細かく分けると東寄りと北西寄りの少なくとも2つの火口地形があり、その中に活発な火山ガスの噴出口があります。噴出口から出たばかりの火山ガスは透明で、非常に高温であることが推定され、実際に2月14日の気象庁による熱観測では最高460℃が観測されています。一方、南側火口は竖穴状で、白色噴煙を盛んにあげています。最近の火山灰を放出する小噴火は、この南側火口で起きているようです。しかし噴煙に隠れて詳しい地形などはわかりません。

4. カルデラ内の様子-進む埋積-

鍋底に当たるカルデラ底には、大小の水たまり、池があります(口絵4)。伊豆大島や三宅島では、カルデラ形成の後、山頂部で水蒸気爆発が卓越する活動時期があることが知られています(一色, 1960, 川辺, 1998, 津久井・鈴木, 1998)。今回のカルデラ形成事件でも、カルデラ底に水があるとマグマと接触しマグマ水蒸気爆発をおこす可能性があることから、池の消長が注目されました。

2000年9月ごろには、カルデラ底北半に大きな池が存在しましたが、今では崩落で埋まって、それより小さな池が点在するだけです。これらの池は、水位の変動も激しいのですが、比較的安定して存在しているのは、南西部の通称“黒池”と呼ばれている池です。“黒池”はその色から遠目に見ると玄武岩溶岩のようにも見えるため、出現当初“溶岩流出か?”と誤認されたこともあります。“黒池”や他の池の水は、2000年秋ごろカルデラ外のスオウ穴などの池ともども赤くなったことがあります。おそらく火山ガス成分と岩石中の鉄などが化学反応を起してそのような色になったと思われますが、他の池が茶色または青色にかわった後も、“黒池”だけはたいてい濃い赤黒色のままです。“黒池”には火口から直接熱水が流れこんでいるため、他の池と成分



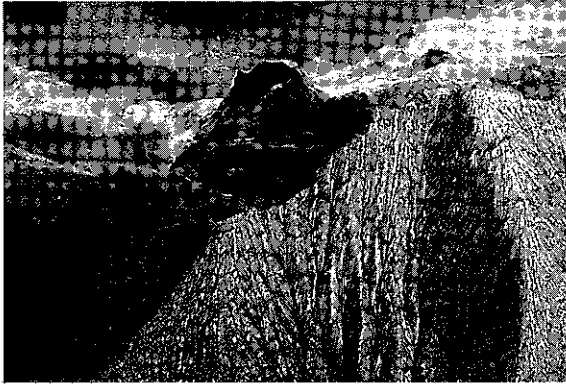
第5図 2000年カルデラの輪郭と八丁平カルデラの輪郭(破線)と地形断面(2001年1月16日)。2000年カルデラは八丁平カルデラのやや北側に偏った位置にできた。地形断面図には陥没前の地形(破線)と同縮尺の東京タワーを示した。地形図と地形断面データは国土地理院(2001)を使用。

が異なるためかもしれません。

カルデラ壁は70度をこえるかなりの急傾斜です。そのためあちこちで崩落が起き、カルデラはゆっくりと埋積されつつあります。口絵8は、北東部スオウ穴下の様子を比べたものですが、崖錐が成長し

ている様子がわかります。この崖錐へ堆積物を供給したのは、スオウ穴西側のカルデラ壁上部です。第6図はこの部分のカルデラ縁外側の画像ですが、亀裂が何筋も走っているのがわかります。

崖錐が成長するような崩落は、徐々に小規模な



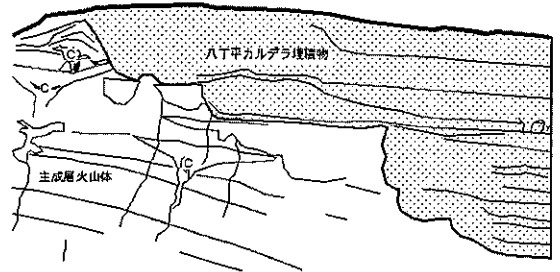
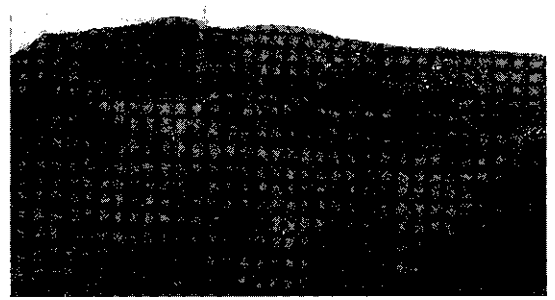
第6図 スオウ穴西側カルデラ縁とほぼ平行に走る亀裂群。
この日は積雪があったため亀裂がよく見えた。2002
年2月14日撮影。

崩落が続くタイプのもので、やや規模の大きなカルデラ壁の崩落が、2000年9月下旬、2001年3月、11月末などに起きています。このうち2000年9月のカルデラ縁北西部の崩落は、それまであったカルデラ底北側の池を埋め、マウンドを形成しました。2001年11月の崩落も同様にカルデラ底北側にあった池を埋めています。

また2001年3月の南カルデラ壁の崩落物は、火砕丘東腹の谷沿いに岩なだれとなって流れ、カルデラ底中央まで達しました。このときはどうも主火口南側火口内にも流れ込み、火口を浅くしたようです。ほぼ同時に小噴火が起きていますが、崩落と何らかの関連があるのかもしれませんが、第6図と同じような亀裂は、カルデラ縁の南、南西、北西にも見られます。崩落はカルデラ内に起こるので、直接崩落物が麓に影響を与えることはありませんが、主火口近くでは崩落物が火口を埋め、噴火活動に影響を与えることも考えられるため、重要な観察項目の一つになっています。

5. カルデラ壁に露出する成層火山の断面

三宅島の山頂部には、約2,500年前の噴火でできたと考えられている八丁平カルデラと呼ばれるカルデラがありました(津久井・鈴木, 1998)。第5図に示すように、今回のカルデラは八丁平カルデラのやや北寄りにできたため、カルデラ壁北半には八丁平カルデラより古い成層火山体、南半の上部には八丁平カルデラを埋積した堆積物の断面が



第7図 東カルデラ壁とそのスケッチ。緩く南(向かって右)に傾斜する主成層火山火砕岩を、ほぼ水平に溜まった八丁平カルデラ埋積物が覆う。主成層火山断面にはいくつか火口の断面と考えられる構造(C)が見える。

見ることが期待できます。現在進行中の火山活動の監視とはやはずれませんが、今回できたカルデラ壁は、普段見られない成層火山の断面を観察するという点からも非常に興味深いものです。三宅島火山の噴火史の解明の手がかりを、カルデラ壁に露出した古い火山体断面に求めることは、これからの三宅島や伊豆大島など同じようなカルデラを持つ玄武岩質火山の中・長期的活動予測に役立てることができるはずです。

古い山体が露出しているはずのカルデラ壁北半部を観察すると、降下スコリア、薄い溶岩流、それらを切る岩脈や貫入岩体が多数認められます(口絵5)。なかにはスコリア丘の断面と思われるものもあります。古い山体の変質帯でしょうか、スオウ穴西にはまわりと違った黄土色の部分があり、それを覆う厚いアグルチネートが北側カルデラ壁ほぼ半周にわたって露出しています。スオウ穴の下には、スオウ穴を作った噴火の火道の断面が露出しています(表紙)。火道はじょうご型で、火道両脇の地層が火道に向かって落ち込んでいる様子がわかります。スオウ穴は9世紀のマグマ水蒸気爆発で作られた

火口ですが、火道形状を解析すれば、爆発が起きた深度などを明らかにできるかもしれません。

一方、南半部はほぼ水平に堆積した溶岩流の重なりから主にできています。八丁平カルデラ縁と2000年カルデラ縁が交差する場所には、溶岩流が古いカルデラ壁にアバットする様子も観察されます(第7図)。三宅島は主に粘性の低い玄武岩質溶岩を噴出し、比較的薄い溶岩流が多いのですが、南半カルデラ壁に露出する溶岩流は、玄武岩にしてはやや厚い厚さ20mを越えるような溶岩流が多く認められます。これらの溶岩はカルデラ内の凹所に溜まったため厚いと考えるとつじつまが合います。溶岩流の間には火砕物がやや厚く発達する層準がいくつかあります。この地層の年代を決めることができれば、カルデラ形成後のマグマ噴出率がどのように変化しているかを理解することができるとでしょう。しかし残念ながらそれは三宅島の活動が収まる時までお預けです。

6. 最後に

2002年5月現在、一時期ほどではないにせよ、いまだ1万トン前後に達する火山ガスの放出は続いています。へり観測ももうしばらくは続くでしょう。林道は泥流でいまだ寸断され、三宅島中腹を走る鉢巻林道より山頂側の植生はほとんど完全に破壊されています。

しかし以前は火山灰に覆われ、白く枯れた木々しかなかった山腹に、ゆっくりとですが緑が戻りつつあることも上空のへりからもわかります。三宅島はこれまでも2000年噴火のような噴火を何回も経験しています。例えば八丁平カルデラ形成時には、ほぼ全島に渡って50cm以上の火山灰が降り積もり、今回以上の破壊を被ったことでしょう。しかし三宅島は噴火で破壊されるたびに、豊かな自然を取り戻してきました。想定外の噴火が起きたときの対処、避難後の生活など、大きな問題を突きつけた今回の噴火活動でしたが、一時も早くガスの放出が終わり、島民の皆さんが故郷に帰り、今回の雄大なカルデラを見ることができるよう日が来ることを祈ってやみません。

謝辞：三宅島へり観測の計画および調整には、山里さん、湯山さん、中堀さんはじめ多くの気象庁火山課の方にお世話になりました。またへりの運行には、警視庁航空隊、東京消防庁航空隊、海上自衛隊、陸上自衛隊、航空自衛隊の皆さんに多大な努力を払っていただきました。また同乗した東京大学中田さん、金子さん、大島さん、千葉大学津久井さんはじめ大学合同観測班の皆さんとの議論や報告も大いに参考にさせていただきました。ここに記して感謝します。

文 献

- 一色直記(1960)：5万分の1地質図幅「三宅島」及び同説明書。地質調査所、85p。
- 川辺禎久(1998)：伊豆大島火山地質図。地質調査所。
- 風早康平・篠原宏志・尾台正信・森 博一・中堀康弘・飯野英樹・平林順一(2002)：三宅島火山2000-2002活動における二酸化硫黄放出量観測と問題点。地球惑星科学関連学会2002年合同大会予稿、V032-P036。
- 国土地理院(2001)：三宅島等GIS用データ。国土地理院技術資料D1-No.389。CD-ROM。
- 宮城磯治・東宮昭彦・星住英夫・伊藤順一・川邊禎久・佐藤久夫・斎藤元治・濱崎聡志・中野 俊・高田 亮・山本孝広・宇都浩三・森下祐一・木多紀子(2001)：三宅島2000年噴火-噴出物編-。地質ニュース、no.557、7-13。
- 佐藤 努・高橋誠・松本則夫・中村太郎・安原正也・小泉高嗣・金城孝典・野友 卓・大川智子(2001)：三宅島2000年噴火-地下水観測編-。地質ニュース、no.561、6-14。
- 佐藤 努・中村太郎・伊藤順一・高橋 誠(2002)：三宅島2000年噴火-酸性雨編-。地質ニュース、no.574、16-23。
- 曾屋龍典・宇都浩三・須藤 茂(1984)：三宅島火山1983年噴火と噴出物-とくに溶岩流について-。火山、29、S230-S241。
- 津久井雅志・鈴木裕一(1998)：三宅島火山最近7000年間の噴火史。火山、no.43、149-166。
- 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。
- 宇都浩三・風早康平・斎藤元治・伊藤順一・高田 亮・川辺禎久・星住英夫・山本孝広・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-8月18日噴出物及び高濃度SO₂火山ガスからの考察-。地学雑誌、110、257-270。

KAWANABE Yoshihisa, MIYAGI Isoji, TOMIYA Akihiko, ITOH Jun-ichi, NAKANO Shun, TAKADA Akira, UTO Kozo, MATSUSHIMA Nobuo, YAMAMOTO Takahiro, ISHIZUKA Yoshihiro, HOSHIZUMI Hideo, HAMASAKI Satoshi, SATOH Hisao, SAITO Genji, SUTO Shigeru, KURIHARA Arata, URAI Minoru, KAZAHAYA Kohei, SHINOHARA Hiroshi, ISHIZUKA Osamu, GESHI Nobuo and KANEKO Katsuya (2002) : Miyake-jima 2000 eruption -Aerial Observation-.

<受付：2002年5月15日>