

三宅島火山ガスの動態と防災体制

木下紀正¹・飯野直子²・坂本昌弥^{3,4}・金柿主税⁵

¹ 鹿児島大学地域共同研究センター, ² 鹿児島大学工学部, ³ 鹿児島大学教育学部,
⁴ 鹿児島玉龍高校, ⁵ 熊本県天草郡御所浦北中

Behavior of volcanic gas at Miyakejima and disaster prevention system

Kisei Kinoshita¹, Naoko Iino², Masaya Sakamoto^{3,4} and Chikara Kanagaki⁵

¹ Research and Development Center, Kagoshima University,

² Faculty of Engineering, Kagoshima University, ³ Faculty of Education, Kagoshima University,

⁴ Kagoshima Gyokuryu High School, Kagoshima, ⁵ Goshoura-kita Junior-high school

E-mail:kisei@rdc.kagoshima-u.ac.jp

1. はじめに

大量の火山ガスのため2000年9月から続いていた三宅島全島避難は2005年2月によりやく解除され、島民の永住帰島が始まった。同年5月からは一般客の渡航も認められ観光客の受入れが行われているが、高濃度火山ガスに対する警戒体制が維持され、居住できない高濃度地区などが設定されている。世界的にも類のない大量のSO₂を含む火山ガスの連続的放出にどう対応するか、鹿児島大学噴煙火山ガス研究グループ（鹿大グループと略記）では、噴煙活動と火山ガスの挙動を解析し、インターネットや学会報告など多くの機会を通して公開するとともに論集(2001)にまとめ、帰島と復興に向けての提言を続けてきた。この報告では、三宅島火山ガス問題に対する鹿大グループの取り組みとそれがどう受け止められたかについて背景も少し含めて要約し、今後の火山ガス防災体制の在り方を考える一助としたい。

2. 大量の火山ガス噴出—毒ガスの島?—2000年9~10月

三宅島2000年噴火では、6月26日からの火山性地震や7月8日以来の雄山噴火、特に8月10・18・29日の大噴火のもとで、8月末までに多くの島民が自主避難した。9月2日、三宅村長による全島民避難指示で、防災関係者だけが島に残った（笹井・宮崎, 2003; 村, 2005）。しかし、この避難指示は激しい噴火活動のためで、8月末から島内で強い硫黄臭の報告はあったが、大量の火山ガス放出の危険性はまだ認識されず、島内の防災復旧活動では有毒ガスに対し無防備であった。やがてSO₂放出量のCOSPEC測定の結果、日量数千tから数万tに増大し、全世界の活火山が放出するSO₂の総量を上回ることが判った（風早他, 2001,2003）。以後、産業技術総合研・気象庁・東工大によってSO₂放出量観測が継続されている。

9月16日、島内で作業中の警察官数人が火山ガス中毒のため気分が悪くなった。9月20日、伊豆諸島航路から転用された作業船かとれあ丸 2589t が、風下の阿古港に接岸しようとして火山ガスの直撃を受けた。船上では目の痛みや気持ちの悪くなった人が続出して甲板にいた人は急いで室内に避難し、船は接岸を断念して伊豆大島に避難した。このような事態を通して高濃度火山ガスの危険性が認識され、島内作業では防毒マスクとガス検知器が必携となり、作業は島の港や沖合に停泊するホテルシップ体制に代わって、10月7日からは神津島からの漁船や小・中型客船による日帰り渡航に縮小された。保守作業の縮小による停電で島内に設置した火山観測機器が次々と停止し、灰が積もってこびりついたソーラーパネルなどの維持点検作業も困難になった。9月末から10月にかけて、渡航もままならない「毒ガスの島」に対する恐れが広まった。

このような状況は、インターネット掲示板「ある火山学者のひとりごと」や、そこに紹介された新聞記事でつかむ事ができた（津幡，2001）。鹿大グループでは、8月末からこの掲示板に書き込むとともに、以前からの火山ガス HP（金柿他，2000）

http://www-sci.edu.kagoshima-u.ac.jp/volc/gas/public/index_p.html

の充実を図って来た。その主張の要点は、

「大量の SO_2 を含む高温型火山ガスの噴出が続く三宅島では、最も警戒すべきは強風による山麓への吹きつけ・吹き降ろしである。弱風で噴煙が火口から上昇して上空を流れている時、火山ガスも基本的には上空を流れるので、島内や周辺海上における有毒ガスの危険はほとんど無い。」というもので、島全体を危険視するのではなく、風と噴煙の流れに注意すれば安全な所が見出せることを含んでいる。噴煙と火山ガスの流れの風による違いを、横(a)と上(b)から見た模式図として図1と図2に示す。

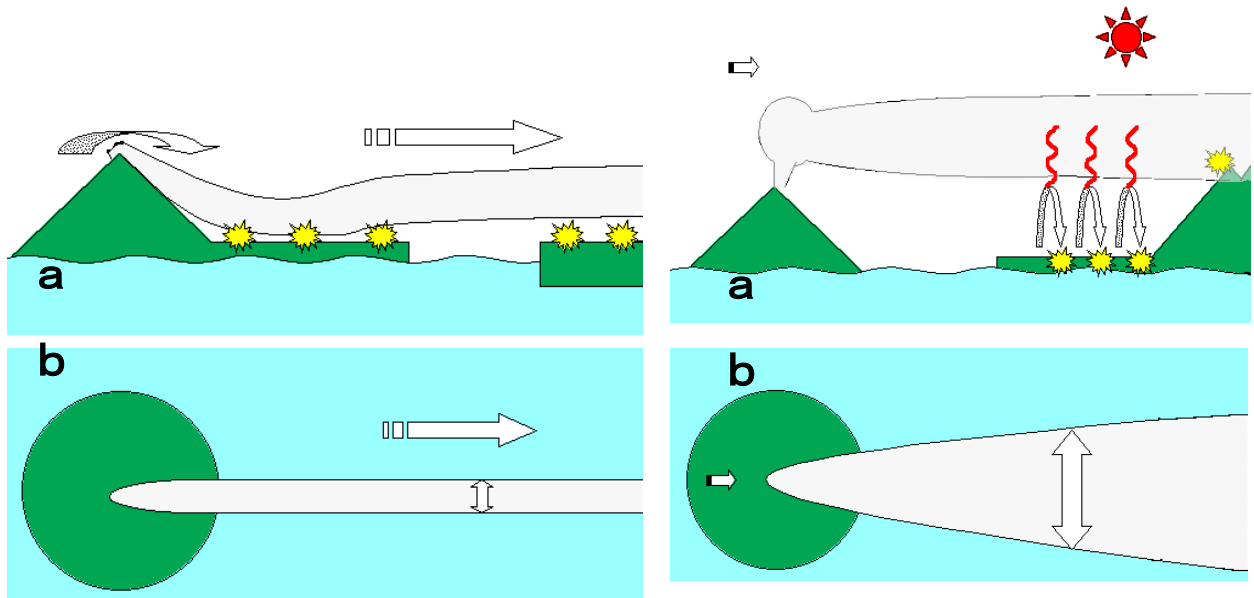


図1．強風の場合．

図2．強風でない場合．

これは、桜島や阿蘇の火山ガス動態研究に基づき、噴煙と火山ガスが挙動をともにする事が前提となっている。この見解は三宅島火山ガスについても成り立つことを検証し、さらに解析を進めて精密化を図るとともに、啓発活動を行ってきた。この見解は段々と防災関係者にも受け入れられて来たが、次節に述べる火山ガスについての一面的固定観念を打ち破らねばならなかった。

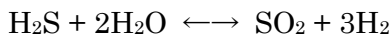
なお、図2では上空の火山ガスが対流混合によって引き降ろされて下流の平地に SO_2 高濃度事象をもたらす機構も示している。三宅島火山ガスの影響は 2000 年夏から 2001 年にかけて関東から東海・関西・北陸に到る本州各地で検出された。このような火山ガス長距離移流の問題については、ここでは立ち入らない。

3. 無風のとき火山ガスは低地にたまるか？－高温型と低温型

火山についての多くの成書や博物館の解説などでは、比重の大きい火山ガスは風の弱いとき谷間や窪地に溜り、濃集して災害に至りやすいことが述べられている。JR 軽井沢にあった図3の掲示の趣旨も同じである。1997 年秋に集中した火山ガス事故の多くや、2005 年末の秋田県泥湯温泉のガス中毒事故もこれに該当する。事故防止のためにはガス中毒に対する国民の素養を高めるとともに、温泉や火山ガス放出地帯では、地元の観光業者や行政当局が十分な換気設備や警告表示を整備すべきである。

しかし、阿蘇や桜島および今回の三宅島の場合は、活発な火山活動で放出される高温型ガスであり、比較的低温の噴気口や地中の割れ目からにじみ出るような低温型ガスとは振舞いが異なる。前節で述べたように、高温型の場合に最も警戒すべきは強風による吹きつけ・吹き降ろしである。

高温型と低温型では、火山ガスに含まれる有毒成分の化学組成にも大きな違いがある。マグマに含まれる硫黄の形態は、温度と圧力によって化学平衡が移動する：



地下の高温高压では H_2S が主であるが、高温のまま圧力が下がると SO_2

が多くなる。これが活発な火山活動でマグマから直接放出される高温型火山ガスの特徴である。地下深くのマグマから分離した火山ガスが割れ目などを通して地表に近付きゆっくり冷却されると低温型ガスとして H_2S が主になる。これが穏やかな噴気や温泉水に多く含まれる低温型火山ガスの特徴である。高温型火山ガスには大量の SO_2 の他にも H_2S や H_2SO_4 が含まれ、後者は青白い硫酸ミストとなる。他に HCl や CO_2 も含まれ、これらのガス組成の変化は、火山活動の推移を予測するための地下からの重要なメッセージとして研究されている（平林，2001）。

H_2O はマグマに重量比にして数%含まれ、発泡して火山ガスとなる揮発性成分の主な部分である。従って高温ガスの大部分は水蒸気であるが、水分が凝結して除かれた低温型火山ガスでは、水に溶解しきれないガス成分だけが残し、噴気中の H_2S が数万 ppm、すなわち数%の濃度に達することがある。これがあまり拡散せずに発生源の近くや低地に数千～数百 ppm の濃度で滞留すると極めて危険である（小坂他，1998）。 H_2S は数十 ppm 以上で目の痛みや頭痛など起こし、0.3ppm 程度で腐卵臭として明瞭に感知されるが、高濃度では麻痺してしまうので、一層危険である。

2つの型の火山ガスの流れ方・溜り方の違いは木下他(1998)で指摘し、「三宅島雄山の火山ガスを考える」と題して鹿大グループの下記のページでも強調し、論集でも再論した（木下，2001a）。

<http://www.mech.kagoshima-u.ac.jp/lab/netu/miyake008/miyake008.htm#B>

その中で紹介したが、近藤他(1999)は、『火山ガスは空気より重い』という誤解に対し、数 ppm 程度の SO_2 濃度では分子量の大きいことは殆ど影響せず、むしろ気塊の温度の違いが決定的であることを明瞭に述べている。なお、1997 年秋の火山ガス事故多発を受けて科学技術庁研究開発局が組織した火山ガス災害に関する緊急研究の成果報告書(1999)やパンフレット(1998)では、低温型と高温型の火山ガスの違いを踏まえて低温型については適切な注意を述べながらも、高温型火山ガスの流れ方については漫然としたまとめに終わっている。

4. 三宅島における火山ガス環境

鹿大グループでは、2000 年 12 月から東京都等が三宅島山麓部に設置した火山ガス固定観測局の SO_2 地表濃度データを気象データ・ノア衛星データや東大地震研による噴煙観測映像（寺田他，2003）と併せて解析し、高濃度発生メカニズムや地域・季節特性を調べてきた（飯野他，2005，

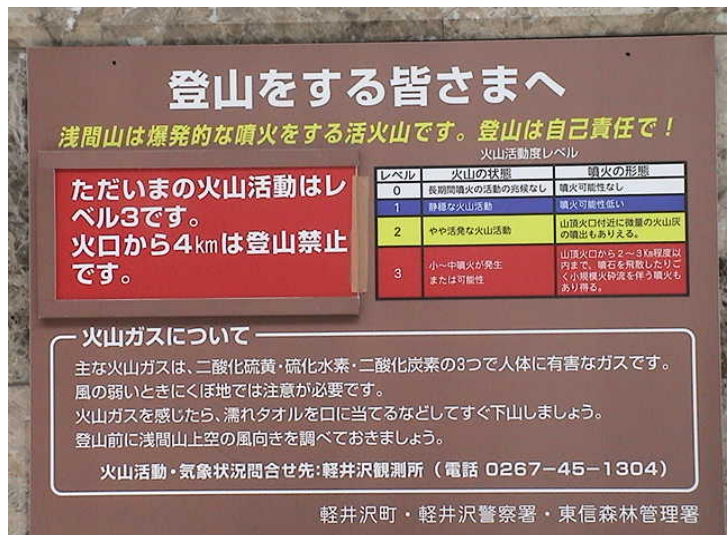


図 3. 浅間山登山の注意. JR 軽井沢 2005 年 3 月撮影. 関係者に助言し、改善が期待される。

2006 及びこれらの引用文献)。火山ガス固定観測局は 2000 年 12 月の 3 局体制から始まり (図 4 の A)、2001 年 9 月に 3 局 (B)、2002 年 3 月に 4 局 (C)、2004 年 4 月に 4 局 (D) 増強されて 14 局体制となった。

環境基準である 1 時間値 0.1 ppm をはるかに越える数 ppm の高濃度事象が東部で夏季を除いて頻繁に発生し、強風による吹き降ろしで理解されることは、初期の 3 局体制のデータですぐに分かり、6 局データで確認された。

10 局体制が確立すると、強風による高濃度事象が東部の 4 局(B1, C1, C2, A2)で特に多いことがわかった。なお、0.1 ppm 以上の事象についても、濃度上昇と風との関係は基本的に同様であった。東部では、北西の季節風が卓越する冬季には高濃度の継続時間が長く、他の季節では前線や低気圧・台風の動きによるため短時間で急激に高濃度となることがあった。図 5 に 10 局の 2002 年における高濃度の頻度を示す。山頂高度付近の風の代用とする 1 日 4 回の八丈島 925hPa 風データがある時に限り、各点で SO₂ 濃度 1 時間値 1ppm 以上の割合を扇形の面積で表す。扇の向きは 1ppm 以上の事象に対する火口上空からの 925hPa 風向の平均、広がりは土標準偏差を示す (浜田他, 2003)。

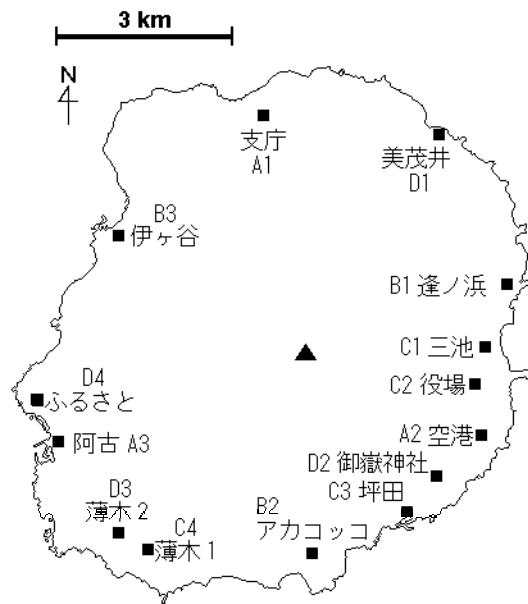


図 4. 三宅島山麓部の火山ガス観測局の位置。

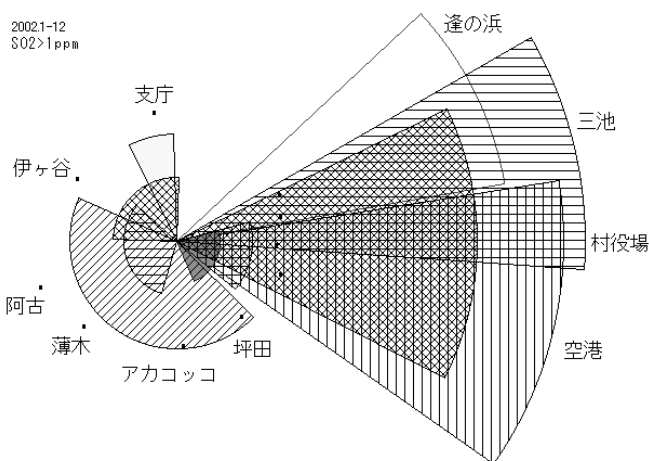


図 5. 2002 年八丈島 925hPa 風データがある時の三宅島各点での SO₂ 濃度 1 時間値 1ppm 以上の割合(%). 逢の浜 5.6, 三池 8.7, 村役場 7.7, 空港 8.7, 坪田 0.4, アカコッコ 0.2, 薄木 2.6, 阿古 0.8, 伊ヶ谷 0.6, 支所 0.4.

南西部の薄木局(C4)では、東部の局に次いで 1ppm 以上の SO₂ 高濃度事象が多く、平均 9 m/s の風速であるが、東部の局と比べて風向のばらつきが大きい。これは、近くを低気圧や前線が通過する時の風の時間変化が大きく、三宅島とその南南東約 110 km の八丈島で上空の風向がかなり異なるためと考えられる。14 局体制のデータも含めて、南西部では東部に次いで高濃度事象が多く、あまり季節によらない。これは、地元ではナライ風と呼ばれる北東の強風が吹きやすい気圧配置から理解される。但し、並風時の高濃度事象もやや多く見られ、火口の壁や谷間の地形の影響と大気安定度・風の日変化など、強風による吹き降ろしによる理解の限界との関係で、今後さらに詳細な検討を要する。高濃度事象と気象条件について密度成層風洞の実験とシミュレーションや (内田・大屋, 2003)、地形効果を含めた詳細なシミュレーションモデルも構築されており (千葉他, 2003, 石川他, 2005)、多くの事例の計算を進めることが期待される。

南東部の山腹で可搬型観測器で観測された内閣府の 2002 年 3 月～6 月のデータも解析したが、強風時の風下の狭い領域で高濃度になることは山麓と同様で、山腹の方が山麓よりもはるかに高濃度となっていた。

さらに三宅島全体の火山ガス環境を知るために、地球観測衛星画像を用いて 2000 年噴火前後の植生分布を調べた。噴火直後には降灰によるダメージも大きいですが、三宅島では 2000 年 9 月中旬以降は白っぽい噴煙が主で灰煙はあまり見られなくなり、雨量も多いため、図 6 の ASTER データ (2003 年 4 月 7 日) に見られる植生の低下は主に火山ガスによると考えられる。この図は可視・近赤外画像データから作成したもので、南西部の溶岩流や東側にある三宅島空港・道路・川などの植生指数は低いいため黒く表示されている (海域は黒を白に置換した)。島内の大局的な濃淡の分布をみると、東部

と南西部では山麓まで暗い領域が広がっている。これは山麓で高濃度 SO_2 がしばしば観測される局の位置と対応しており、火山ガスによる植生へのダメージが大きいことが良くわかる。他方、支庁局(A1)と伊ヶ谷局(B3)の間の北西部や、アカッコ局(B2)と坪田局(C3)がある南東部は明るく表示されており、植生活性度は高くダメージが少ないと推測される。このような結果は、2005 年 3 月と 5 月に行った三宅島現地調査で確認した。

さらに、噴火前後の植生指数の差を用いて植生活性度の低下を段階に分けて画像化した火山ガスハザードマップを試作した (飯野他, 2004a, 2004b)。これは、三宅島の永住島体制策定にあたっての基礎資料として役に立った。

5. マスコミの火山ガス報道など

高温型火山ガスの流れ方についての鹿大グループの見解は、初めは火山研究者や防災関係者の多くに知られていた密度の大きい低温型ガスの振舞いと異なるため、理解されるのに時間を要した。やがてインターネット掲示板の応答などで段々と受け入れられていった。学会報告 (木下他, 2001) では、「強風の時は島の風下の港に接岸すべきとの海の世界の常識を、火山ガスの島では再考しなければならなくなった」との港湾工学者のコメントを頂いた。

2001 年春の論集を受けて、7 月 17 日には西日本新聞の科学欄で、「火山ガス『風』に支配された挙動、はるばると長旅も」と題して鹿大グループの見解が大きく取り上げられた。10 月には雑誌「科学」への投稿が掲載された (木下, 2001b)。これらでは、山岳波に沿った噴煙の写真が吹き降ろしの説明に効果的であった。10 月 28 日には、木下他 (1998) に沿った「火山ガスと気象条件」が SkyperfecTV 744 ch. と BS デジタル放送 910 ch. で放映された (図 7)。同じ日の TBS 報道特集「三宅島火山ガスの脅威」の中では、ヘリコプターによる SO_2 放出量測定の様子や火道内マグマ対流のモデルによるガス放出の説明とともに、桜島噴煙の吹き降ろしや九大応用力学研の風洞実験とシミュレーション (内田・大屋, 2003) が紹介された。この TV 取材は 8 月末からだったが、9.11 テロやアフカニスタン問題で放映が遅れた。

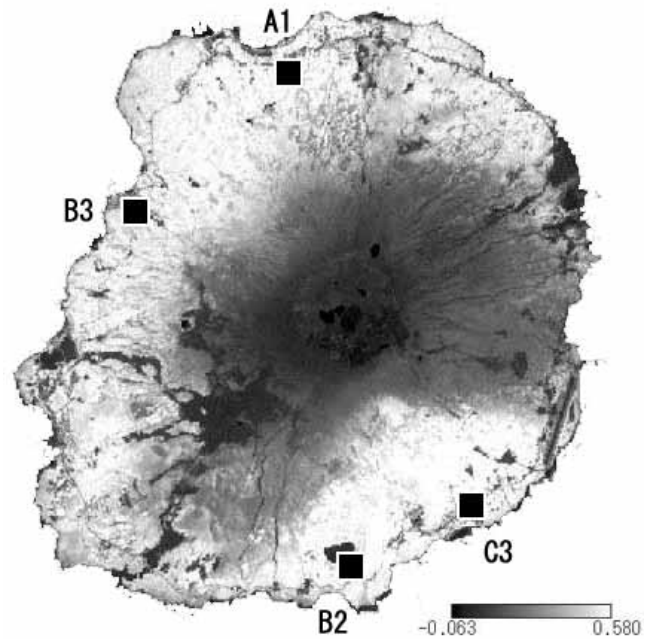


図 6. 2003 年 4 月 7 日の Terra/ASTER データによる植生指数画像。



図7. ウェザーニュース制作「火山ガスと気象条件」のシーンから。

10月初めの火山学会発表（小山田・木下，2001）を契機に、火山噴火予知連に鹿大グループとしての意見書を提出した（木下，2001c）。これは10月22日の会で討議され、強風と火山ガス高濃度事象の結びつきが火山防災関係者にかなり理解されて来た。鹿大グループの見解は12月の東京都災害対策本部第336報に引用された。そこでは強風のケースの他に逆転層の効果も述べられているが、まだその裏付けはない。

さらに、2002年3月5日のNHKニュース10の中で、「なぜ高濃度 三宅島火山ガス」として鹿大グループの見解が紹介された。この中で、東大地震研御蔵島カメラ映像（寺田他，2003）や九大応力研の風洞実験とシミュレーションが効果的に用いられた。

2002年9月19-20日の学会発表（飯野他，2002）の情報から問い合わせを受け、毎日新聞9月8日東京朝刊に「三宅島高濃度火山ガス、観測は強風時だけ。範囲狭く予測可能。幅1キロ、帰島判断に好材料」という見出しで鹿大・東大グループのデータ分析結果と見解が詳しく紹介された。この反響は大きく、内閣府防災担当者などから照会を受けた。この記事は三宅島と多摩をむすぶ会の情報紙「アカッコ」編集後記でも紹介され、「一時的な高濃度への対応ができれば、永続的な帰島の検討も始められるのでは」という指摘は、帰島に向けた前向きな検討材料として受け止められた。学会発表は、南日本新聞9月21日でも「空港周辺以外なら、一時帰島だけでなく恒常的な帰島も考えてよいのでは」と紹介された。

この年11月9-10日、鹿大で多島域フォーラム「列島火山の噴煙活動を探る」が開かれ、三宅島や南西諸島などの噴煙・火山ガス研究と衛星による火山監視が討議された（木下編，2003）。この会には研究者とともに、一般市民や三宅村住民の方も参加した。なお、初期には2001年2月28日に東京都・大気環境学会主催の特別講演会「三宅島噴火と広域大気汚染」、翌日に大気環境学会酸性雨分科会主催「2001年酸性雨講演会」が開かれ、その後も学会シンポジウムなどで三宅島火山ガス問題が取り上げられて来た。

火山ガスハザードマップ試作の学会発表（飯野他，2004b）の取材を受けて、2004年9月25日の読売新聞東京夕刊に色刷りで「危険度4色一目で」と紹介され「三宅村は、火山ガス高濃度地区への居住制限や立ち入り禁止を新条例で定める方針。マップは地区選定の際に、貴重な情報になりそうだ」と報じられた。

6. 防災関係機関の対応

三宅島火山災害では、住民に対する避難命令とその解除・居住地域の制限などは三宅村村長の権限と責任で行われ、それを東京都や国の機関が支える仕組みになっている。火山活動監視の責任を負っているのは気象庁で、地震火山部火山課が置かれ、その中で火山監視・情報センターが中心になり、大学などの研究機関とも協力して業務を遂行している。また、気象庁長官の諮問機関として火山噴火予知連絡会が置かれ、火山学者と行政関係者が委員を務めている。これらの機関は三宅島2000年噴火に迅速に対応したが、臨時火山情報に「火山ガスに警戒が必要である」と発表されたのは、2節に述べた事態を受けての10月6日が最初で、やや遅かった。但し、SO₂放出量の観測結果は気象庁の火山観測情報で早くから公表されて来た。噴煙や火山ガスの流向予想のため、雄山山頂付近の風の予想は9月15日から火山観測情報で毎日発表されている（碓井，2003）。

東京都では、災害対策本部（2000.6.27設置）のもとで避難対策や現地の復旧作業が進められ、2002年9月30日に「三宅島火山ガスに関する検討会」を設けられて帰島可能性と安全確保の問題が討議され、中間報告（同年12月）と最終報告（2003年3月）が出された（碓井・宮崎，2003）。三宅村では、「三宅島復興計画策定委員会」（2002.1-11）が設けられて帰島と復興に向けて基本計画をまとめた。村は火山ガス対策についても独自の委員会を設け、永住帰島直前の2005年1月には、詳しい火山ガス対策を主とする「三宅村防災のしおり」を発行した。同年12月には一部改訂した。これらは三宅村のホームページに公開されている。

鹿大グループはこれらの機関との組織的関わりは持たなかったが、火山研究者や気象庁の火山課・東京都の関係者とは様々な機会に意見交換を行い、一定の理解を得て、防災作業の進め方や帰島計画策定に活かされたと考えている。特に、環境大気データを所管する東京都環境局の環境評価部広域監視課の方々とは早くから意見交換を行って都内や三宅島の地表濃度データを頂き、解析して来た。この部署による毎月の三宅島火山ガスの概要は東京都災害対策本部のホームページで発表されている。この部署は人為起源の大気汚染などの公害監視が本来の任務で、全国的には環境省が統括し、行政上は気象庁の火山活動監視とは別のラインになっているため、組織間の協力関係が重要である。鹿児島でも火山防災に火山ガス対策を位置づける必要があるが、今後の課題である（坂本他，2004）。また、一般に火山ガスの動態と地形の関係を理解するのに、ハザードマップにおける3D衛星画像（木下他，2005）の活用も課題である。なお、2001年10月22日の噴火予知連での意見書（木下，2001c）の討議では、強風のときの効果については良く理解されたが、風が弱い場合については疑問が残った様である。この意見書は3局体制のデータに基づいていたが、4節にまとめた様に、観測体制の充実とともに意見書の趣旨は裏付けられ、高濃度ガス事象の季節変化と地域特性が詳しく分かって来た。火山ガス地表濃度と気象条件との関係は、気象庁内でも多くの解析があり、鹿大グループの結果と照応する点が多い（大久保他，2002，平原他，2002，荻谷・大久保，2003，荻谷・原，2004）。

「三宅村防災のしおり」の中に火山ガスの健康リスク・防災マップの詳しい説明・警報体制・火山ガス避難マニュアルや噴火その他の災害についての心構えが述べられている。永住帰島に伴って確立された火山ガス監視・警報体制では、島内14局のSO₂ガス濃度データがリアルタイムで監視センターに集められ、SO₂濃度5分値のレベルに応じて警報の発令・解除が防災行政無線に

よって戸別受信機・屋外スピーカー・高感受性者の携帯受信機に伝えられる。避難体制では、有毒ガスを遮断するクリーンハウスの使用や村営バスによる避難などがシステム化されている。なお、監視センターは高濃度地区の中にある村役場の部屋を使用している。

警報の発令・解除には、気象庁による3時間毎の山頂付近の風予報も組み込んで、高濃度の予報へと発展することが望まれる。強風の風下で高濃度になる地域は気圧配置から大体予想できるが、天気図で表せないような小規模の時間空間的変動に対しては、現地での経験の蓄積が重要である。さらに、防災行政無線の警報を地域ごとに限定して放送できるようになれば、警告回数が減って島民の安らぎが増すことになるだろう。

三宅島火山ガス問題をめぐる防災関係機関の対応については、限られた情報にもとづいて述べた。今後、関係機関当事者によるまとめや議論が期待される。

謝辞： 三宅島火山ガスデータを提供された東京都と内閣府に心より感謝いたします。ASTERデータは資源環境観測解析センターからご提供いただいたものです。三宅島火山ガスについて私達鹿大グループと研究交流をしていただいた多くの方々と、他のグループメンバーに感謝いたします。

参考文献

- 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**，76-83.
- 浜田智志・木下紀正・飯野直子・金柿主税・小山田恵，2003：三宅島火山ガスと帰島防災，日本火山学会2003年秋季大会予稿集，**92**.
- 平林順一，2001：火山噴火と火山ガス，特別講演会「三宅島噴火と広域大気汚染」，**7-15**.
- 平原洋一・城尾泰彦・大久保篤・川崎孝，2002：三宅島海岸部における火山ガス(SO₂)濃度の特徴(2)，平成14年度東京管区気象台調査研究会誌.
- 飯野直子・小山田恵・金柿主税・木下紀正，2002：三宅島山麓における火山ガス濃度変動と帰島問題，第21回日本自然災害学会学術講演会講演概要集，**145-146**.
- 飯野直子・芝貴章・矢野利明・木下紀正，2004a：植生指数画像による三宅島島内火山ガスハザードマップの試作，日本リモートセンシング学会第36回学術講演会論文集，**33-34**.
- 飯野直子・木下紀正，2004b：三宅島高濃度火山ガスハザードマッピング，—衛星画像による植生指数変化と八丈島高層風との関係—，第23回日本自然災害学会学術講演会講演概要集，**111-112**.
- 飯野直子・木下紀正・矢野利明，2005：三宅島における高濃度火山ガス事象の地域特性，自然災害科学，**23-4**，505-520.
- 飯野直子・木下紀正・金柿主税・矢野利明・福原稔，2006：三宅島島内の火山ガス環境と植生，大気環境学会九州支部研究発表会，**7-8**.
- 石川裕彦・植田洋匡・永井晴康，2005：噴煙及び火山性ガスの拡散シミュレーションとその火山防災への応用，特定領域「火山爆発のダイナミクス」H16年度研究成果報告書，**439-442**.
- 科学技術庁，1998：火山ガスから身を守るには，科学技術庁パンフレット.
- 科学技術庁研究開発局，1999：火山ガス災害に関する緊急研究成果報告書.
- 鹿児島大学噴煙火山ガス研究グループ，2001：噴煙と火山ガスの動態を探る—三宅島2000年噴火にあたって，鹿児島大学.
- 金柿主税・木下紀正・池辺伸一郎・小山田恵，2000：火山ガスとインターネットによる環境教育，日本地学教育学会第54回全国大会・鹿児島大会要録，**16-17**.

- 風早康平, 2001: 三宅島噴火における火山性ガスの噴出量, 特別講演会「三宅島噴火と広域大気汚染」, 17-25.
- 風早康平・篠原宏志・斉藤元治・尾台正信・森 博一・中堀康弘・飯野英樹・平林順一, 2003: 三宅島火山からの大量ガス放出, 南太平洋海域調査研究報告, **37**, 24-31.
<http://staff.aist.go.jp/kazahaya-k/cospecj/>
- 木下紀正, 2001a: 三宅島火山ガスをめぐる諸問題, 噴煙と火山ガスの動態を探る, 鹿大グループ, 1-4.
- 木下紀正, 2001b: 火山ガスの正しい理解を —三宅島噴煙活動をめぐって—, 科学 **10**, 1277-1279.
- 木下紀正, 2001c: 三宅島火山ガスの島内と周辺の海上における危険性評価について, 火山噴火予知連絡会への意見書.
- 木下紀正編, 2003: 「列島火山の噴煙活動を探る」, 南太平洋海域調査研究報告, **37**.
- 木下紀正・池辺伸一郎・金柿主税・直江寛明・今村和樹, 1998: 高濃度火山ガスの動態と気象条件, 自然災害科学研究西部地区部会報・論文集, **22**, 133-138.
- 木下紀正・小山田恵・金柿主税・飯野直子, 2001: 三宅島火山ガスの動態と気象条件, 自然災害科学研究西部地区部会報, **25**, 145-148.
- 木下紀正・富岡乃夫也・戸越浩嗣, 2005: SiPSE による 3D 衛星画像の作り方と読み方—日本の自然を空から見る, 古今書院.
- 近藤裕昭・水野建樹・劉発華・福田寿, 1999: 火山ガスの拡散シミュレーション, 資源と環境, **8**, 123-138.
- 小山田恵・木下紀正, 2001: 衛星画像に見る三宅島噴煙と島内の火山ガス濃度, 日本火山学会 2001 年度秋季大会予稿集, 127.
- 村榮, 2005: 三宅島噴火避難のいばら道—あれから 4 年の記録, 文芸社.
- 荻谷将志・大久保篤, 2003: 三宅島での火山ガス機動観測値と固定観測値の関係についての調査, 平成 15 年度東京管区气象台調査研究会誌.
- 荻谷将志・原三弘, 2004: 三宅島での火山ガス固定観測値と上空の風との関係についての調査, 平成 16 年度東京管区气象台調査研究会誌.
- 大久保篤・城尾泰彦・平原洋一・川崎孝, 2002: 三宅島海岸部における火山ガス (SO₂) 濃度の特徴 (1), 平成 14 年度東京管区气象台調査研究会誌.
- 小坂丈予・平林順一・山本雅弘・野上健治, 1998: 我が国に於ける火山ガス人身災害の発生要因とその防止対策, 自然災害科学, **17**, 131-154.
- 坂本昌弥・金柿主税・木下紀正・飯野直子, 2004: 噴煙・火山ガス情報のインターネット公開と防災教育, 2004 年度京都大学防災研究所共同研究集会 (一般) 16K-01 講演要旨・寄稿集, 45-54.
- 笹井洋一・宮崎努, 2003: 2000 年三宅島噴火における東京都の対応と研究者の関わり, 火山防災情報ワークショップ in 桜島報告書, 京大防災研火山活動研究センター, 23-28.
- 寺田暁彦・大湊隆雄・井田喜明, 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.
- 東京都災害情報, 2003: 三宅島火山ガスに関する検討会報告書.
<http://www.metro.tokyo.jp/SAIGAI/miyatop.htm>
- 津幡岳弘, 2001: 「ある火山学者のひとりごと」 掲示板のガス関連発言を整理して, 噴煙と火山ガスの動態を探る, 鹿大グループ, 11-12.
- 内田孝紀・大屋裕二, 2003: パッシブ粒子追跡法による三宅島火山ガス挙動の可視化, 可視化情報学会論文集 **23**, 58-65.
- 碓井勇二, 2003: 三宅島における火山情報と火山監視, 火山防災情報ワークショップ in 桜島報告書, 京大防災研火山活動研究センター, 20-22.