

平成 21 年 5 月 29 日現在

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2006～2008

課題番号：18710152

研究課題名（和文） 高温型火山ガスと空中火山災害の防止に関する研究

研究課題名（英文） Study on prevention of high volcanic gas concentrations and airborne volcanic disasters

研究代表者

飯野 直子（IINO NAOKO）

熊本大学・教育学部・准教授

研究者番号：80284909

研究成果の概要：高温型火山ガス高濃度事象について三宅島島内二酸化硫黄濃度や気象情報などを用いた解析や現地調査などを行い明らかにした。衛星データの植生指数画像を用いたハザードマッピング法を確立した。活火山との共生に資するため、ホームページを作成し研究成果をインターネット上に公開している。空中火山災害防止では噴煙の高度情報が重要である。桜島を対象に噴煙モニタリングシステムを構築し、噴煙高度や流速を算出する手法を開発した。多点観測された映像のデータベース化を行いインターネット上に公開している。

交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	2,100,000	0	2,100,000
2007年度	600,000	0	60,000
2008年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	240,000	3,740,000

研究分野：自然災害科学

科研費の分科・細目：社会・安全システム科学・自然災害科学

キーワード：火山災害，防災，自然現象観測，リモートセンシング，高濃度火山ガス，灰煙

## 1. 研究開始当初の背景

三宅島 2000 年噴火以前の日本における火山ガス災害の研究や注意のほとんどは、低温型火山ガスの主成分である硫化水素に対するものが主であった。火山山麓において火山ガスの連続測定が行われているのは、世界中で桜島と三宅島のみであり、三宅島からの火山ガス放出は未曾有の規模のものである。それまで研究者らのグループ以外に山麓部における火山ガス濃度データを詳細に解析している研究はなかった。また、植生分布の変化を用いて火山ガス環境を評価し、ハザードマッピングに利用する手法は他には見られ

なかった。火山からの二酸化硫黄の放出量の測定は、小型化システムが開発され、実利用が始まっていたが、人手による観測であった。

航空機の安全航行には噴煙の移流高度の情報が非常に重要である。爆発噴煙の到達高度について衛星データを用いた研究は行われていたが、拡散後の噴煙の移流高度を衛星データから正確に捉えることは難しい状況にあった。

## 2. 研究の目的

世界の活火山の約 10%を有し、離島火山も多く抱えるわが国にとって、活発に活動する

火山から放出される高温型火山ガスや火山灰煙による災害を防止するための研究は重要である。そこで本研究では、三宅島山麓部における高濃度火山ガス事象の解析及び火山ガスハザードマッピング法確立のための研究を行い、その研究成果をデータベース化してインターネットを介して公開することにより、防災研究者との情報交換や行政機関などの防災関係者及び市民の啓発活動に貢献すること。正確な噴煙高度情報を得るために噴煙地上観測映像から噴煙の高度と流向を求めるシステムの構築及び気象データを用いて噴煙形態を再現するモデルと衛星画像を利用して噴煙高度を求める手法を確立すること。連続自動観測データから火山ガス放出量の測定に必要な情報を得る方法を開発することを目的とした。

### 3. 研究の方法

三宅島島内の高濃度火山ガス事象の解析は、図1に示す火山ガス固定測定局で測定されている二酸化硫黄濃度の1時間値を用いた。

三宅島島内山麓部における火山ガス測定は2000年12月の3局体制から始まり(図1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。各局の略称を図中に示す。東部の坪田高濃度地区内に、逢ノ浜局(B2)・三池局(C1)・役場局(C2)・空港局(A2)が位置しており、南西部の阿古高濃度地区には薄木1局(C4)と薄木2局(D3)が存在している(阿古高濃度地区の規制は2009年4月1日0時を持って解除された)。

SO<sub>2</sub>の環境基準である1時間値0.1ppmとACGIH(米国産業衛生専門家会議)勧告の許容濃度2ppmを高濃度の基準とした。また、島内火山ガス環境の考察には、健康影響からみた長期的影響についてのSO<sub>2</sub>濃度の目安である年平均値が概ね0.04ppm以下、1時間値が0.1ppmを超える回数が年間10%以下を基準とした。

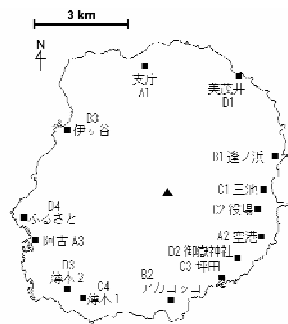


図1 火山ガス測定局の位置

三宅島の地表における火山ガス濃度は雄山の山頂高度付近の風に支配的な影響を受

けていると考えられるが、山頂風の直接測定は行われていない。本研究では、高層気象観測点のうち最も三宅島に近く、同じく海上孤島である八丈島(三宅島の南南東約110km)の指定気圧面925hPa(海拔高度で約830m)の高層風を三宅島上空の風として代用した。

植物は火山ガスの影響をよく反映することを利用して、2000年三宅島噴火の前後に撮影された衛星画像に示される植物の分布の変化から高濃度火山ガスのハザードマッピングを行った。また、噴火後の植生の回復状況についても調べた。1994年4月3日のJERS-1/OPS、2003年4月7日と2007年5月11日のTerra/ASTERデータを使用した。植生の分布は植生指数画像を用いて調べた。NDVI画像は、植物が可視光をよく吸収するのに対して近赤外域をよく反射する性質にもとづいて考案された、植物の量や活性度を調査するのに適した画像である。NDVI画像は次式から求めた。

$$NDVI = \frac{NIR - VIS}{NIR + VIS} \dots\dots\dots(1)$$

ここで、VISとNIRにはそれぞれ可視と近赤外バンドのDN値を割り当てる。

衛星画像と気象データから噴煙高度を求めるために、気象衛星データによる噴煙の検出に11、12μm帯の熱赤外差画像を用いた。衛星画像に示される噴煙の移流拡散形態は噴煙の放出高度と高層風の鉛直シャーによってのみ規定されると仮定し、流跡線を計算して流脈線を表示するプログラムを用いて2000年の三宅島爆発噴火を対象に解析を行い、灰煙の水平拡散及び高度を検討した。

火山噴煙の高度情報モニタリングシステムとして、図2に示す桜島周辺(地点B:鴨池港付近,地点E:黒神小学校,地点K:錦江台,地点T:垂水市役所)に連続自動観測システムを設置した。システムはパソコンとUSBカメラからなっている。撮影間隔は10秒~30秒毎に設定した。顕著な噴煙現象については動画編集を行った。また、撮影映像のデータベース化を行った。



図2 噴煙観測システム設置位置

連続自動観測した噴煙映像を用いて火山ガスの放出量を算出する際に必要となる風速情報を算出するために粒子画像速度計測法(PIV)による解析を行った。ライブラリー社の流体画像解析ソフト Flow-vec32 を用いた。定常噴煙を噴煙輪郭モデルで表し、平面投影図をシミュレートするプログラムを用いて噴煙映像から噴煙の移流高度と流向を決定し、PIV 解析によって得られた流速を補正し、実際の噴煙の流速を算出した。

#### 4. 研究成果

三宅島島内の高濃度火山ガス事象の解析より、以下のことが明らかになった。強風による吹き降ろしが山麓部における高濃度発生の主な原因である。高濃度発生の季節・地域特性は以下の通りである。火口の東～南東部(C1, C2, A2)では高濃度となる頻度が冬季に非常に高い。南西部(C4, D3)では、一年を通して高濃度の発生頻度が比較的高い。東北東部(B1)では冬だけでなく、夏季も高濃度発生頻度が高い。北東部(D1)では春・夏季の高濃度発生頻度が高く、秋・冬季は低い。北(A1)と南東部(C3)における高濃度発生頻度は高くない。南東部のA2とC3局の間に位置するD2局では、高濃度発生の特徴はA2局に類似であるが、発生頻度は約1/3と明らかに低く、1ppm以上の高濃度の発生頻度は一年を通して高くない。西南西部のD4局は、隣のA3局と高濃度発生の傾向が類似であるが、頻度は1/2程度である。

2000年噴火前後の植生分布の変化から火山ガスハザードマップを作成するために、1994年と2003年のNDVI画像の差を計算した(2003年ハザードマップ, 図3a)。また、噴火後の植生回復状況から危険度を再評価するために1994年と2007年のNDVI画像の差を計算し、2007年ハザードマップを作成した(2007年ハザードマップ, 図3b)。

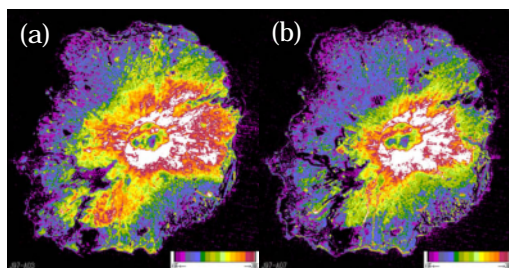


図3 ハザードマップ(a)2003年(b)2007年

高濃度地区に注目して比較した。南西部の薄木局(C4)周辺については、2003年ハザードマップでは危険度が非常に高い領域が標高75m 辺りまで達していたのに対して、2007年ハザードマップではその領域が標高200m 辺りまでになっていることがわかった。

東部については、2003年ハザードマップでは危険度が非常に高い領域が海岸まで達していたのに対して、2007年ハザードマップではその領域が山腹まで後退し、逢ノ浜局(B1)と空港局(A2)周辺では、危険度が5ランク程度低下している。ただし、火口東側に位置する三池局(C1)と役場局(C2)の方角では、いまだに山麓付近まで危険度が高い状況であることがわかった。高濃度発生頻度から検討した結果、2007年ハザードマップに全般的にみられる危険度の低下、すなわち植生の回復は2ppmを超えるような超高濃度の発生頻度の低下によると考えられた。火口東側では、植物の生育や活性度が高い夏季にも火山ガスの影響を受け続けるために植生の回復が遅れていると考えられた。現地植生調査により、島内の植生は全体的に回復してきていることを確認した。火口東側については、下草が茂ってきているものの山腹はもともと火山ガスに弱い針葉樹が多く植えられていたために立ち枯れた状態のままであり、下草もほとんど茂らず、地表面の浸食が進んでいることを確認した。2009年1月の学会にて、総合的に判断して、高濃度地区の指定は火口の真東にあたる地区に縮小してもよい時期ではないかとの見解を示した(2009年4月1日より、南西部の高濃度地域は規制が解除された)。

2000年8月18日17:02に三宅島の爆発噴火が発生した。三宅島から南東方向において、B747航空機は18:30に高度約10.4km(FL340)、B737航空機は18:32に高度約11km(FL360)で灰煙と遭遇したと報告されている。18時~24時のGMS熱赤外差画像では、噴煙が北と南東に向かって拡散していく様子が捉えられている。図4aに19時の熱赤外画像を示す。八丈島の高層風を用いて求めた流脈線図(図4b)から、925hPa~500hPaの低高度の噴煙が北に拡がり、それより上層の150hPaまでの噴煙が南東方向に拡がっていったことがわかる。流脈線図では、9700~12500mにあたる200,250,300hPaのプロットを大円で示している。この高度のプロットは、航空機の灰煙遭遇レポートとよく対応している。

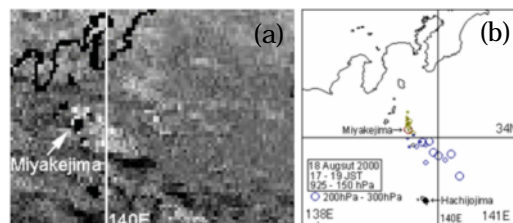


図4 2000年8月18日19時  
(a)熱赤外差画像(b)流脈線図

桜島噴煙連続自動観測システムによって

撮影された映像を用いた噴煙高度・流向の解析結果を図 5a に示す。噴煙の移流高度は 1180m, 流向は 355° と求められた。PIV 解析により流速を求める際の精度の向上のためにグレー変換画像と R 画像を用いた結果の比較を図 5b と 5c に示す。グレー変換画像では過誤ベクトルが生じているが、R 画像では生じないことがわかる。R 画像中の 3 点の流速を補正して、実際の流速 12.5, 13.3, 14.6m/s が算出された。この日の 9 時の鹿児島上空 1068m の高層風の風向 357°, 風速 13m と比較して妥当な結果が得られている。

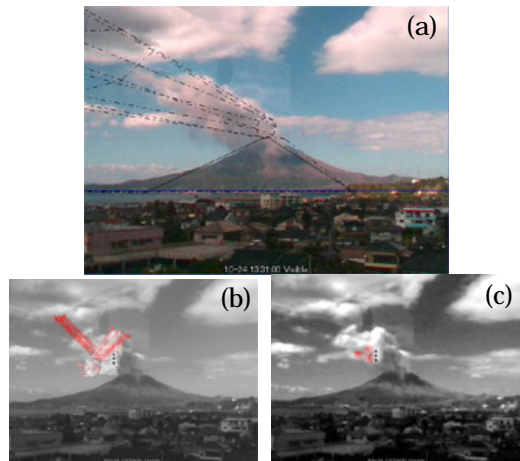


図 5 2006 年 10 月 24 日 13:30  
(a)平面投影シミュレーション結果  
(b)グレー変換画像 PIV (c)R 画像 PIV

本研究により得られた成果及び作成した映像データベースなどについては、ホームページを作成し、公開している(図 6)。今後は英語版のページも作成する予定である。

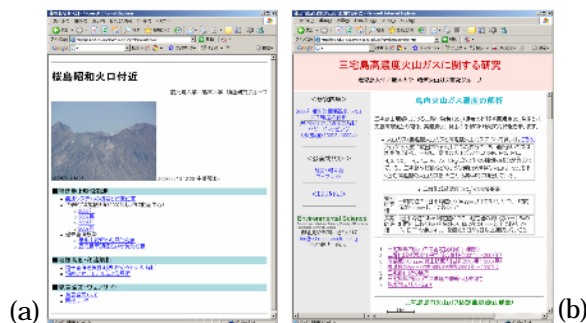


図 6 ホームページ  
(a)桜島昭和火口付近  
(b)三宅島高濃度火山ガスに関する研究

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 3 件)

飯野直子・金柿主税, 桜島火山デジタルコン

テンツの作成, 熊本大学教育学部紀要(自然科学), 57 巻, 33-41, 2008, 査読無

K. Kinoshita 他 7 名(8 番目), Ground and Satellite-based Observations of Mayon Volcano, Philippines, South Pacific Studies, Vol.28, 53-68, 2008, 査読有

飯野直子, 三宅島島内高濃度火山ガスハザードマッピング, 鹿児島県地学会誌, No.92, 3-12, 2006, 査読無

〔学会発表〕(計 8 件)

飯野直子, PIV による噴煙自動観測映像を用いた流速算出の精度向上, 2008 年度日本気象学会九州支部研究発表会, 2009.3.7, 鹿児島市

飯野直子, 2007 年の NDVI 画像を用いた三宅島火山ガスハザードマッピング, 第 9 回大気環境学会九州支部研究発表会, 2009.1.23, 福岡市

飯野直子, 三宅島島内火山ガス環境と植生の経年変化, 第 27 回日本自然災害学会学術講演会, 2008.9.25, 福岡市

飯野直子, 三宅島島内火山ガス濃度と植生の経年変化, 第 8 回大気環境学会九州支部研究発表会, 2008.1.25, 福岡市

IINO Naoko, High Sulphur-Dioxide Concentration Events at the Surface of Miyakejima and Sakurajima Volcanoes, Cities on Volcanoes 5 Conf., 2007.11.22, Shimabara

飯野直子, 桜島噴煙映像を用いた風向・風速算出の試み, 2006 年度日本気象学会九州支部発表会, 2007.3.10, 福岡市

飯野直子, 三宅島島内火山ガス濃度の経年変化 2001 年 1 月~2006 年 10 月, 第 7 回大気環境学会九州支部研究発表会, 2007.1.26, 福岡市

飯野直子, 桜島とマヨン火山の 2006 年夏季火山活動のリモートセンシング, 第 41 回日本リモートセンシング学会学術講演会, 2006.11.30, 那覇市

〔その他〕

ホームページ等

三宅島高濃度火山ガスに関する研究

<http://es.educ.kumamoto-u.ac.jp/volc/miyakejima/index.htm>

桜島昭和火口付近

<http://es.educ.kumamoto-u.ac.jp/volc/sakushowa/index.htm>

## 6. 研究組織

(1)研究代表者

飯野直子 (NAOKO IINO)

熊本大学・教育学部・准教授

研究者番号: 80284909

