

平成 22 年 6 月 10 日現在

研究種目：若手研究（B）  
 研究期間：2008～2009  
 課題番号：20710135  
 研究課題名（和文） 噴火過程モデルの構築へ向けた基礎的研究  
 ～火山ガス放出量計測の高精度化～  
 研究課題名（英文） Fundamental study for establishing the model of an eruption process  
 - Increasing the precision for measurement of volcanic gas emission-  
 研究代表者  
 森 健彦（MORI TAKEHIKO）  
 独立行政法人産業技術総合研究所・地質情報研究部門・特別研究員  
 研究者番号：60378601

研究成果の概要（和文）：火山噴火を予知するため、火山活動にどれくらいのマグマが関与しているかを知る必要がある。活動的火山における、マグマの動きを捉えるため、地震観測や地殻変動観測が有用である。しかしながら、マグマの量を評価するためには、火山ガスの放出量が情報として必要である。本研究では、他の観測項目と比べて計測精度が低かった火山ガス放出量の計測精度を高めるために実施された。

研究成果の概要（英文）：In order to catch a magmatic activity in an active volcano, seismic observation and a crustal movement observation are serviceable. However, the information on volcanic gas emission is required for evaluating the quantity of magma. In the traditional volcanological observation, measurement of volcanic gas emission was a measurement item with low accuracy. This research was performed aiming at increasing the precision for measurement of volcanic gas emission.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008 年度	1,800,000	540,000	2,340,000
2009 年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,500,000	750,000	3,250,000

研究分野：火山噴火予知，火山化学

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：噴火予知，自然現象観測，リモートセンシング，マグマ活動

## 1. 研究開始当初の背景

火山噴火予知研究は観測機器の進化によって大きく進歩した。例えば、地震計及び記録計の軽量化によって活動火口近傍での地震観測が容易となり、火山性地震及び火山性微動の活動源に近い場所でのデータ取得が可能となった。その結果、火山性地震・火山

性微動の発生メカニズムの解明が進んでいる。また、火山観測へ広帯域地震計を積極投入することによって、噴火前後に火山体浅部で生じる1秒以下の膨張・収縮現象を捉えることに成功し、火山体内部におけるマグマ・火山ガスの挙動がより鮮明になった。

火山噴火(もしくは継続的な噴煙活動)は、

深部からのマグマ供給と蓄積，マグマもしくはマグマからの脱ガスした火山ガスの浅部への上昇，火山体浅部での一時的な蓄積，爆発的な噴火もしくは噴煙活動，の経過を辿る (Fig.1)。これらの過程の中でこのステージは火山体内部での現象であり，マグマ及び火山ガスが火山性地震・微動及び地殻変動の主要因となっている。そして，は火山体表面（外部）で見られる火山ガスや火山灰放出現象である。

これまでの噴火予知研究では，地震活動・地殻変動・火山ガス放出量等のそれぞれが独立して観測研究を進め，それぞれが噴火機構モデルを提唱していた。しかしながら，Fig.1を見てもわかるように，噴火・噴煙活動によって火山体から放出される火山ガス量等は深部から供給されるマグマ量に関連した物理量であり，火山活動に伴って発生する現象の間には繋がりがあがる。つまり，噴火予知技術をさらに進めるためには，火山で発生する現象を総合的に解釈することが必要であった。

近年，観測データの総合解釈の必要性が研究者らに浸透し，平成14年度から5年間行われた科学研究費補助金「特定領域研究」『火山爆発のダイナミクス』のプロジェクトでは活動的火山において総合観測が進められ，マグマの供給から噴出（放出）に至る噴火過程モデルの構築が進められた。しかしながら，この総合観測によって，火山ガス放出量の測定精度が地震・地殻変動観測における測定精度のレベルにまで達していない現状が浮き彫りになった。



Fig.1 噴火過程の概念図

## 2. 研究の目的

火山ガス放出量は火山ガスに含まれる二酸化硫黄の放出量を紫外光吸収の原理を用

いて測定することで得られる。近年，紫外分光計の小型軽量化と紫外吸収スペクトルのデジタル化がなされ，新測定機器 (COMPUSS)の開発が進んだ。

本研究は，このCOMPUSSを用いて，以下の2点を明らかにすることを目的としている。

### (1) 吸光度減衰問題

COMPUSSは先述した諏訪之瀬島における総合観測に投入され，爆発前後の火山ガス放出量変動を捉えることに成功した。しかしながら，紫外吸収スペクトルを詳細に分析した結果，紫外線散乱によって生じる吸光度減衰の存在も明らかになった。この効果は噴煙柱と観測点の間に存在するエアロゾルによって引き起こされるため，噴煙柱からの距離が長くなるほど放出量が低く見積もられる。

噴火過程モデルを構築するために重要となるマグマ収支を明らかにする為，紫外散乱によって生じる二酸化硫黄放出量の減衰を定量化せねばならない。そこで，本研究では，減衰の要因である，エアロゾルの存在量と二酸化硫黄放出量の減衰量との関係を明らかにすることを目指した。

### (2) 低濃度の二酸化硫黄ガスの検出

火山活動が低調な火山における，二酸化硫黄放出量の計測精度を高める事が求められていた。これは，水蒸気爆発が活動主体となる火山において，マグマ由来である火山ガスが，火山活動にどのような影響を与えているかを評価する必要があったからである。そのため，COMPUSSを用いて，低濃度の二酸化硫黄をより正確に検知するため，測定手法の改善及び新たな解析方法の開発を進めた。

## 3. 研究の方法

### (1) 吸光度減衰問題

本研究を遂行するにあたって，火山活動が活発（噴煙活動が常時発生）で，測定環境として噴煙観測を容易に実施できる火山をテストフィールドに選ぶ必要があった。研究開始時において，この条件に合致する火山は，熊本県の阿蘇火山であった。阿蘇火山は日量500ton前後の二酸化硫黄を放出する活発な噴煙活動があり，過去の研究において，紫外散乱による吸光度減衰が実証された火山でもあった。

二酸化硫黄放出量の計測で利用される，紫外光吸収の波長範囲0.3~0.33μmを含む，0.015~1μmの粒径を測定できる広帯域パーティクルカウンターによってエアロゾルの計測を行うこととした。このパーティクルカウンターによって，レイリー散乱及びミー散乱の要因となる粒径を持つエアロゾルを測定することが可能となり，どれくらいの粒径を持ったエアロゾルがどれくらい存在し

たら二酸化硫黄放出量の計測に影響を引き起こすかを明らかにできることが期待された。

初年度、上述の条件に見合ったパーティクルカウンターを選定し、購入したが、機器の納入がずれたため、僅か2回のパーティクルカウンターによるエアロゾル量と二酸化硫黄放出量の同時計測を阿蘇火山で実施した。これらの計測において、エアロゾル量の計測方法を取得することが出来たが、阿蘇火山におけるエアロゾル量の季節変化、時間変化を十分に捉えることが出来ておらず、よりよい研究結果をもたらすためには、エアロゾル量の連続観測が必要であると判断した。そこで、二年目に、京都大学火山研究センターの協力を得て、阿蘇中岳火口から1km南東に位置する本堂観測所において、エアロゾル量の連続観測を実施することにした。これにより、エアロゾル量が天候や季節の変動及び火山ガスの流下によって、どのように変化するかを明らかに出来ることが期待できる。

#### (2) 低濃度の二酸化硫黄ガスの検出

中濃度から高濃度の二酸化硫黄ガスの計測は、従来の計測機器であるCOSPECや新測定機器であるCOMPUSSでも十分捉えることが可能である。しかしながら、低濃度の二酸化硫黄ガス、例えば、カラム濃度で50ppmm以下の検出は、吸光度の精度と関係して、困難を極めていた。この、低濃度の二酸化硫黄ガスを精度良く検出するためには、測定方法の改善及び新たな解析方法の開発が必要であった。

この研究のためのテストフィールドとして、水蒸気爆発の発生が懸念されていた、鹿児島県の口永良部島火山を選んだ。この火山では、過去にCOSPECを用いた二酸化硫黄放出量の計測が実施されたが、低濃度のために定量化をすることができなかった。そこで、COMPUSSを用いて、様々な計測方法を試行錯誤的に取り組み、そのデータを元に、解析法の検討を実施する事とした。

### 4. 研究成果

#### (1) 吸光度減衰問題

本研究内容においては、エアロゾル量の時間変化を得ることができたものの、紫外散乱との関係を議論するまでの成果は得られなかった。理由として、連続観測を始めたのが二年度目であり、機器のトラブル等からも、年間を通した季節変化を得るまでには至らなかったこと、加えて、パンニング法による二酸化硫黄放出量の計測が、天候等の問題や、現地へ赴く回数が取れなかったこともあり、十分な計測回数を得ることが出来なかった事があげられる。

しかしながら、3ヶ月間のエアロゾル量の

データにおいて、エアロゾルが変動するパターンを明らかにすることができた (Fig.2)。2009年の7月から10月までの結果であるが、顕著にエアロゾル量が増加したのは、降雨の後である。降雨により、大気中に浮遊するエアロゾルが落ち、その直後はエアロゾル量が少ない状態となる。雨天後を除けば、阿蘇火山のエアロゾル量はほぼ安定していることがわかる。この結果より、今後の研究で、降雨後の極めて少ないエアロゾル量の状態とそれ以外の状態を選んで観測を実施し、よりよい相関性が得られるのではないかと期待している。また、季節変化として、冬場の強風時や春先の黄砂が飛散する時期が想定され、これらのエアロゾル量の状態を知ること、大気状態を知る重要な鍵になると考えている。

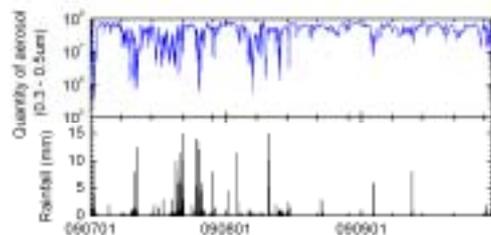


Fig.2 エアロゾル量の変化と雨量

エアロゾル量の連続計測は、京都大学火山研究センターと協力し、現在も実施中である。より良いデータの取得に努め、初期の目標である、吸光度減衰問題に対する答えを見だしていくつもりである。

#### (2) 低濃度の二酸化硫黄ガスの検出

口永良部島火山における、二酸化硫黄放出量の計測を断続的に実施した。本観測における計測方法はトラバース法と呼ばれる手法で、噴煙柱の直下を車などで移動し、二酸化硫黄ガスの濃度分布を得て、二酸化硫黄放出量を求める手法である。この手法はパンニング方と比べ、紫外線散乱の効果が低く、計測精度の高い事が知られている。

口永良部島火山から放出される火山ガスは、二酸化硫黄カラム濃度が極めて低かった。ガスが大気中を移動する速度によって、カラム柱における濃度が異なるものの、平均的な最高濃度は50ppmm程度であった。この低い濃度を精度良く求めるために、1回のサンプリングにおける積算回数(平均化される回数)を増やすこととした。そのため、噴煙柱直下を移動する時間を通常より遅めに設定し、自動車の移動速度は20km/h以下に抑えられた。その結果、Fig.3のような計測結果を得ることができた。

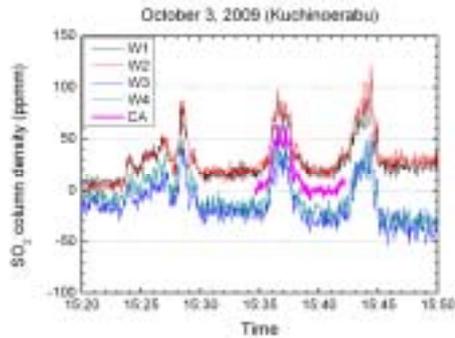


Fig.3 二酸化硫黄カラム濃度の変動

しかしながら、この計測結果には、太陽高度が変動することによって生じる、バックグラウンド紫外光強度の変動の影響を強く受ける結果になってしまった。そのため、解析手法の改良を進めた。第一に、低濃度でも分解能が強い短波長帯域 (Fig.3 の W1 や W2 など) を選ぶこと、第二にバックグラウンド紫外光をトラバースの開始と終了の時に得られた観測データを用いて再計算し、解析へ用いることとした。その結果、Fig.3 の CA という結果を得ることが可能となり、測定データの精度を上げることができた。

これらの計測手法の改良、解析手法の修正により、口永良部島火山ではより良い精度の二酸化硫黄放出量を得ることができた (Fig.4)。特に、火山性微動の発生頻度が、火山ガス放出量の僅かな増加で相関していることを、世界的に初めて明らかにすることができた。この成果は、火山地震の研究へもフィードバックされ、火山性微動の発生要因を議論する上で、重要なデータになると考えられる。

口永良部島における研究結果は、学会誌への発表準備を進めている。また、気象庁が業

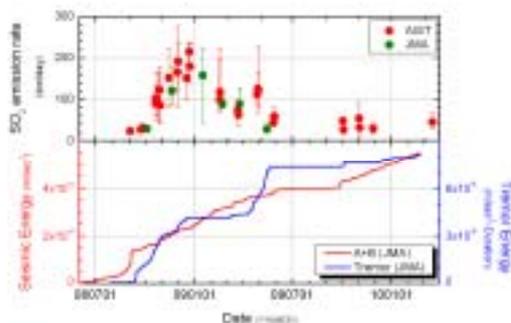


Fig.4 口永良部島における二酸化硫黄放出量の変動と地震活動

務で行っている、二酸化硫黄放出量計測へ反映すべく、気象庁との議論を活発に進めている。

## 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1件)

下司信夫, 宝田晋治, 筒井正明, 森 健彦, 小林哲夫, 霧島火山新燃岳 2008 年 8 月 22 日噴火の噴出物, 火山, 査読有, 55 巻, 2010, 53-64.

[学会発表](計2件)

森 健彦, 風早康平, 大和田道子, 下司信夫, 平林順一, 横尾亮彦, 多田光宏, 神田 径, 為栗 健, 井口正人, 篠原宏志, 口永良部島における二酸化硫黄放出量の計測, 日本火山学会秋季大会, 2009 年 10 月, 小田原市.

Mori, T., Oikawa, M., Hirabayashi, J., Iguchi, M., and Tameguri, T., Short time variation of SO<sub>2</sub> emission rates related to volcanic explosions in Suwanosejima volcano, Japan, IAVCEI - WORKSHOP 2008, 10th Gas Workshop Mexico, Nov. 2008, Mexico.

## 6. 研究組織

### (1)研究代表者

森 健彦 (MORI TAKEHIKO)

独立行政法人産業技術総合研究所・地質情報研究部門・特別研究員

研究者番号: 60378601

### (2)研究分担者

( )

研究者番号:

### (3)連携研究者

( )

研究者番号:

### (4)研究協力者

吉川 慎 (YOSHIKAWA SHIN)

京都大学大学院・理学研究科附属地球熱学研究施設火山研究センター・技術職員

野上 健治 (NOGAMI KENJI)

東京工業大学・火山流体研究センター・教授

井口 正人 (IGUCHI MASATO)

京都大学・防災研究所附属火山活動研究センター・准教授