

## 様式1 (計画A) 地方共同研究プロフィールシート

研究課題名：機動観測項目における火山ガス成分観測の実効性調査

研究期間：平成30年度～平成31年度

研究代表者：福岡管区気象台 地域火山監視・警報センター 機動班長 川村 安

研究担当者：福岡管区気象台 地域火山監視・警報センター

	調査官	足立 幸夫
	主任技術専門官	内田 直邦
	技術専門官	篠原 英一郎
	技術専門官	菅井 明
	技術専門官	雑山 浩秀
	機動班員	古田 仁康
	機動班員	高田 健一
	機動班員	通山 尚史
	機動班員	満永 大輔
	機動班員	末次 秀規
	現業班員	工藤 直樹
	現業班員	本井 雅人
福岡管区気象台 地震火山課	火山活動評価官	松末 伸一
	火山活動評価係長	五藤 大仁
	火山活動評価係員	赤穂 大河
大分地方気象台 防災管理官	火山防災官	平松 秀行
	火山防災調整係長	牧之段 康二
宮崎地方気象台 防災管理官	火山防災官	植村 英明
	火山防災調整係長	松浦 巨樹
鹿児島地方気象台 観測予報管理官	予報官	小窪 則夫
	技術専門官	小枝 智幸

参加研究部：火山研究部 第三研究室

室長 高木 朗充

研究官 谷口 無我

研究官 福井 敬一

第一研究室(福岡分室)

研究官

森 健彦

### 1. 研究の背景・意義

(社会的背景・意義)

国内の活動的火山は、桜島などの都市に近接した火山、霧島などの観光客や登山客を集める火山など、国民の経済活動に近接した場所に存在している。そのため、一度火山活動が活発化すれば、2014年の御嶽山の水蒸気噴火のような人的被害、地元自治体の規制に起因する地域経済の損失などを招く。現在の火山学のレ

ベルでは、100%間違いのない火山活動予測を行うことは難しいが、より精度の高い予測技術により、国民の安全確保と経済損失の軽減が社会からより強く求められている。

このような背景の中で、気象庁では多項目の観測データを基に、火山活動評価の高精度化を進めている。地震観測及び地殻変動観測においては、観測データをリアルタイム伝送することにより、各センターでの連続的な監視に資しているが、マグマ活動を直接反映する火山ガスの成分変化は、研究者による現地調査でしか情報が得られず、十分に活用できていないのが実状である。そもそも、火山ガスに関わる研究者は国内で10名もおらず、各火山で高頻度な成分変化を捉えることが不可能に近い。火山活動監視に重要でありながら、得られにくい火山ガス成分の情報を、全国に官署を持つ気象庁が機動観測によって高頻度で効率的に得ることは、火山活動評価の精度を大きく高めることが期待できる。

#### (学術的背景・意義)

近年、火山活動評価における火山ガス観測の重要性が改めて認識されつつある。それは、火山ガスがマグマや熱水系から放出される物質そのものであり、火山活動の盛衰に応じてその化学組成などを変化させるからである。例えば、2015年の箱根山の活動では、4月下旬に群発地震が始まり、6月末にごく小規模な水蒸気噴火に至った過程で、群発地震の発生に先行した火山ガス中の水の安定同位体比の減少及び地震活動の変化に対応するような $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$ 比の変動が観測されている。また、2014年12月から噴気活動を再開した霧島山硫黄山では、噴気量の増減などの表面活動に対応した火山ガス中の $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{S}$ 比や $\text{He}/\text{CH}_4$ 比の変化、あるいは周辺山麓に湧出する熱水の $\text{Cl}/\text{SO}_4$ 比の変化などが観測されている。これらの観測事実は、火山ガスあるいは熱水等の液相に溶け込んだ火山ガス成分の観測が火山活動評価にとって有効であることを示している。

一方、火山活動の盛衰に応じて変動する化学的な指標は火山毎に個性的であり、火山ガス成分観測の火山活動評価における実効性を確立するためには、様々な火山を対象とした観測事例を蓄積し、各々の火山においてどの様な火山ガス成分が火山活動の良い指標となり得るかを明らかにすることが重要である。また、火山活動の評価には迅速性が不可欠であり、機動観測における火山ガス観測としての適切な手法・手順を検証することもまた重要である。

#### (気象業務での意義)

気象庁が行っている活動的火山における活動度評価の項目として、地震活動、地殻変動、火山ガス及び熱活動があり、それぞれの観測データは、連続観測及び機動観測によって得られている。火山ガスに関するデータは二酸化硫黄放出量のみが、2007年から機動観測によって得ることができているが、火山ガス成分に関する情報がほぼ皆無である。先に述べたように、火山ガス成分を測り、時系列でその成分変化を監視することは、マグマ活動の変化を捉えることとなる。マグマ

活動の変化を明らかにすることができれば、地震や地殻変動が熱水に起因するのか、マグマの動きに起因するのかなどの発生要因を推定することが可能となる。すなわち、火山ガス成分のデータを高頻度で得ることは、単純に評価に資する観測項目が増えるのみでなく、他の観測データの情報量を膨らませ、総合的な活動評価を高めることに繋がる。連鎖的にもたらされる活動評価の能力向上によって、噴火活動予測のさらなる高精度化へ寄与することが期待できる。

## 2. 研究の目的

本研究は、火山活動評価及び噴火活動予測の精度を高めるための有用な要件の一つとなる、火山ガス成分観測に関して、火山監視・警報センター及び各地方官署にて実施する機動観測によって、有用なデータを得て、それが火山活動評価に資することができるかどうかの検証を目的としている。細部の目的として、

- 1) 機動観測で実施できる火山ガス成分観測の習熟
- 2) 観測された火山ガス成分データの有用性の確認と評価手法の確立
- 3) 火山ガス成分データと従来からのデータを融合した火山活動評価手法の確立の3つを柱とする。

なお、最終的には噴火ポテンシャルも含めた活動評価に資するため、噴火活動が継続している火山は対象とはしない（桜島や多量の火山ガスを常時カルデラ火口から放出している阿蘇山）。噴気孔から火山ガスを採取しやすく噴火ポテンシャル評価にもつながる、九重山や霧島山硫黄山等を想定しているが、火山活動によっては他火山を対象とする可能性もある。

## 3. 研究の目標

設定した研究の目的において、それぞれの目標を設定する。

- 1) 機動観測で実施できる火山ガス成分観測の習熟

機動観測で実施できる、検知管による精密な火山ガス濃度測定、電気伝導度計を用いた熱水の電気伝導度測定、気象研究所での分析が可能となる精度を保った熱水サンプル法の習熟を進める。これらの習熟のために、地熱活動が活発であり、火山ガス及び熱水サンプルが容易である九重山（大分県）、霧島硫黄山（宮崎県）をフィールドとして選定する。これらの火山において、初回は気象研究所の研究官を招いたサンプル法の実地研修を行い、観測手法の習熟を進める。以後は、地方官署の担当官によるサンプルを行い、気象研究所の研究官からTV会議などによる指導を適宜受け、スキルアップを図る。

- 2) 観測された火山ガス成分データの有用性の確認と評価手法の確立

観測された火山ガス成分データに関して、計測手法及びデータの有用性について気象研究所の研究官からの指導を受け、火山ガス成分データのデータ評価手法の確立を目指す。

- 3) 火山ガス成分データと従来からのデータを融合した火山活動評価手法の確立

評価された火山ガス成分データと、その他の観測データを融合した火山活動評価のあり方について、気象研究所と連携した検討を進め、評価手法の確立を進める。

これらの目標は、気象研究所における観測現場での適切な指導、その後の議論を協力して進めることができれば、研究期間中に達成可能なものとする。

#### 4. 本研究に関連する気象研究所及び気象官署の実績

- 気象研究所、東海大学、鹿児島地方気象台、福岡管区気象台では、現在活発な噴気・熱水活動が継続している霧島山硫黄山において湧出する熱水を採取して、電気伝導度、pH、および化学組成などの分析を実施している。これらの成果の一部は、火山噴火予知連絡会の資料として提供し当該火山の活動評価に活用されているほか、日本地球化学会等でも公表するなど学術的側面での実績もある。
  - 気象研究所、東海大学、鹿児島地方気象台、福岡管区気象台 (2017) 霧島山硫黄山周辺の湧水の化学組成 (2017年9月15日現在)。第139回火山噴火予知連絡会資料。(その1の2) 霧島山、69-71.
  - 谷口無我, ほか 17名 (2017) 霧島山硫黄山に湧出する温泉水の化学組成・安定同位体比と火山活動に伴う変化。2017年度日本地球化学会第64回年会講演要旨集, 1B10.
- 気象研究所では、東海大学と共同して霧島山硫黄山や草津白根山などで火山ガスを採取・分析し、火山活動の盛衰を評価する研究に取り組んでいる。その結果の一部は火山噴火予知連絡会へ資料として情報提供するとともに、日本地球惑星科学連合大会や日本地球化学会などの学会で公表している。
  - 東海大学, 気象研究所, 産業技術総合研究所 (2017) 霧島硫黄山で採取した噴気の化学組成・安定同位体比。第139回火山噴火予知連絡会資料。(その1の2) 霧島山, 85-91.
  - 大場武, 谷口無我, 代田寧 (2017) 火山ガス観測による火山活動の評価。2017年度日本地球化学会第64回年会講演要旨集, 2B01.

#### 5. 研究体制

研究代表者：

福岡管区気象台 地域火山監視・警報センター 機動班長 川村 安

- 調査観測の総合計画策定及び研究実行統括
- 研究成果とりまとめ

担当研究者：

福岡管区気象台 地域火山監視・警報センター 主任技術専門官 内田 直邦

技術専門官 雑山 浩秀

鹿児島地方気象台 観測予報管理官 予報官 小窪 則夫

- 調査観測の総合計画策定及び研究実行統括補佐
- 観測データ評価のとりまとめ
- 測定手法の習熟及び実践

福岡管区気象台 地震火山課

火山活動評価官

松末 伸一

- 火山ガス成分データの評価技術法のとりまとめ
- 従来からのデータを融合した活動評価技術の策定
 

火山活動評価係長	五藤 大仁
火山活動評価係員	赤穂 大河
- 火山ガス成分データの評価技術法の検討
- 従来からのデータを融合した活動評価技術の検討

大分地方気象台 防災管理官	火山防災官	平松 秀行
福岡管区気象台 地域火山監視・警報センター	調査官	足立 幸夫
	技術専門官	篠原 英一郎

- 測定手法及び測定データ解釈の習熟及び実践
- 九重山における観測計画策定と実行
- 九重山における測定結果とりまとめ
- 九重山における研究成果とりまとめ

宮崎地方気象台 防災管理官	火山防災官	植村 英明
鹿児島地方気象台 観測予報管理官	技術専門官	小枝 智幸
福岡管区気象台 地域火山監視・警報センター	技術専門官	菅井 明

- 測定手法及び測定データ解釈の習熟及び実践
- 霧島硫黄山における観測計画策定と実行
- 霧島硫黄山における測定結果とりまとめ
- 霧島硫黄山における研究成果とりまとめ

大分地方気象台 防災管理官	火山防災調整係長	牧之段 康二
宮崎地方気象台 防災管理官	火山防災調整係長	松浦 巨樹
福岡管区気象台 地域火山監視・警報センター	機動班員	古田 仁康
	機動班員	高田 健一
	機動班員	通山 尚史
	機動班員	満永 大輔
	機動班員	末次 秀規
	現業班員	工藤 直樹
	現業班員	本井 雅人

- 測定手法及び測定データ解釈の習熟及び実践
- 九重山もしくは霧島硫黄山における火山ガス成分観測の実施

## 6. 研究計画・方法

- 九重山及び霧島硫黄山における、気象研究所担当官による火山ガス成分観測手法の指導（1年目：気象研究所の担当官を招いて1回）。
- 九重山及び霧島硫黄山における火山ガス成分観測（2年間：各火山で概ね2

ヶ月に1回の計18回).

- 観測された火山ガス成分データに関する検討(2年間:各観測後の実施,年1回の気象研究所を交えた検討会の開催).
- 火山ガス成分データと従来からのデータを融合した活動評価検討会の開催(2年間:年1回の気象研究所を交えた検討会の開催).
- 共同研究成果とりまとめに向けた検討会(2年目:気象研究所及び各官署の担当官を集め,福岡管区気象台で実施).

## 7. 研究年次計画(研究年次計画を添付)

- 年次計画表(計画C)参照。

## 8. 特筆事項(効率性・波及効果など)

(効率性)

- 気象研究所担当官による現地研修は1回に納め,以後は地方官署担当官が現地調査によって経験値を上げ,精度の高いガスサンプルを実施する.サンプルにおいて生じた問題点は,まず地方官署において整理し,以後はTV会議による気象研究所との検討会によって解決策を見いだす.
- 地方官署とのデータ検討会及び勉強会は基本的にTV会議等を使用して実施し,成果発表検討会のみ気象研究所担当官を招いて実施する.この検討会は地方官署との間をTV会議及び動画記録で配布し,各官署における担当官のスキル向上を進める.

(有効性)

- これまで単発的に得られていた,火山ガス成分の変化を時系列で捉えることが可能となり,火山活動評価に新たな情報が加わることになる.
- 従来からの観測データと融合することにより,火山活動評価及び噴火活動予測の精度を高めることが期待できる.
- これまで,地元からの問い合わせに十分な回答ができなかった,火山ガスに関する情報について,観測データに基づいた的確な判断に基づく対応が可能となる.

(波及効果)

- 本研究によって,機動観測による火山ガス成分観測の有用性が確認できれば,手法及び評価法について,各管区の火山監視・警報センターに共有することができ,全国の火山における火山活動評価技術の高度化をもたらすことが期待できる.
- これまでの二酸化硫黄放出量の観測は,火山ガス中に高濃度の二酸化硫黄が含まれる火山でのみ実施されている.本研究の達成によって,二酸化硫黄放出量の観測を実施するかどうかの判断が可能となり,観測の効率化が図られる.加えて,これまで検出限界未満で処理されていたのが,二酸化硫黄が火山ガスに含まれていないから生じたのか,二酸化硫黄が低濃度だから生じていたのか,その違いを明確にすることができ,二酸化硫黄放出量データの意味づけが変わる.

- 検知管による火山ガス成分濃度の測定による副産物として、火山ガスの凝縮水が得られる。この凝縮水を気象研究所の実験室での分析にかけることにより、さらなる細かな火山ガス成分の情報が得られることとなり、活動評価への情報精度を高めることが期待できる。
- 九重山では固定点におけるマルチガス連続装置で、火山ガス成分の観測が行われている。この観測データは風向きによって値が変化するとともに、火山ガスの直接測定でないため、火山活動を反映した変化かどうかの判別が難しい状況にある。本研究による火山ガス成分観測によって、マルチガス連続装置との対比が可能となり、マルチガス連続装置のデータ評価能力の向上に役立つことが期待できる。
- 本研究によって、管区及び各地台における火山ガスに関する知識が深まることが期待できる。これにより、火山ガスに関する地元からの問い合わせ、例えば、『硫黄臭い』との通報案件に対して、観測データに基づく的確な回答を用意することが可能となる。

(特記事項)

※ 添付資料

研究年次計画（計画 C）

様式2（計画C） 研究年次計画

年度	研究担当者	具体的計画	達成状況（当該年度の研究実施計画の各項目に関する具体的な実施内容及び達成状況を記述）
平成30年度	<p>福岡管区気象台 機動班長 川村 安</p> <p>福岡管区気象台 主任技術専門官 内田 直邦 技術専門官 雑山 浩秀 鹿児島地方気象台 予報官 小窪 則夫</p> <p>福岡管区気象台 火山活動評価官 松末 伸一 火山活動評価係長 五藤 大仁 火山活動評価係員 赤穂 大河</p> <p>大分地方気象台 防災管理官 火山防災官 平松 秀行 火山防災調整係長 牧之段 康二 宮崎地方気象台 防災管理官 火山防災官 植村 英明 火山防災調整係長 松浦 巨樹 鹿児島地方気象台 観測</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 調査観測の総合計画策定，実行統括</li> <li>• 火山ガス成分測定の間計画策定及び実行</li> <li>• 測定データのとりまとめ</li> <li>• 測定手法の問題点整理と改善</li> <li>• 火山ガス成分データの評価技術法の検討</li> <li>• 他の観測データを交えた火山活動評価技術の検討</li> <li>• 成分データ検討会，評価手法検討会の開催調整.</li> <li>• 火山ガス成分測定の実践と習熟</li> <li>• 測定手法の問題点整理と改善</li> <li>• 測定データの現場での評価法の検討</li> <li>• 九重山及び霧島硫黄山における観測計画策定と実行</li> <li>• 観測機材の整備と運用</li> </ul>	

	<p>予報管理官 技術専門官 小枝 智幸 福岡管区气象台 地域火山監視・警報センター 調査官 足立 幸夫 技術専門官 篠原 英一郎 技術専門官 菅井 明 機動班員 古田 仁康 機動班員 高田 健一 機動班員 通山 尚史 機動班員 満永 大輔 機動班員 末次 秀規 現業班員 工藤 直樹 現業班員 本井 雅人</p>		
平成31年度	<p>福岡管区气象台 機動班長 川村 安</p> <p>福岡管区气象台 主任技術専門官 内田 直邦 技術専門官 雑山 浩秀 鹿児島地方气象台 予報官 小窪 則夫</p> <p>福岡管区气象台 火山活動評価官 松末 伸一 火山活動評価係長 五藤 大仁 火山活動評価係員 赤穂 大河</p> <p>大分地方气象台 防災管</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 調査観測の総合計画策定，実行統括</li> <li>• 火山ガス成分測定の間年計画策定及び実行</li> <li>• 測定データのとりまとめ</li> <li>• 測定手法の問題点整理と改善</li> <li>• 研究成果検討会の開催調整</li> <li>• 火山ガス成分データの評価技術法の検討</li> <li>• 他の観測データを交えた火山活動評価技術の検討</li> <li>• 成分データ検討会，評価手法検討会の開催調整.</li> <li>• 火山ガス成分測定の実践と習熟</li> </ul>	

<p>理官 火山防災官 平松 秀行  火山防災調整係長 牧之段 康二  宮崎地方气象台 防災管理官 火山防災官 植村 英明  火山防災調整係長 松浦 巨樹  鹿児島地方气象台 観測予報管理官 技術専門官 小枝 智幸  福岡管区气象台 地域火山監視・警報センター 調査官 足立 幸夫  技術専門官 篠原 英一郎  技術専門官 菅井 明  機動班員 古田 仁康  機動班員 高田 健一  機動班員 通山 尚史  機動班員 満永 大輔  機動班員 末次 秀規  現業班員 工藤 直樹  現業班員 本井 雅人</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 測定手法の問題点整理と改善</li> <li>• 測定データの現場での評価法の検討</li> <li>• 九重山及び霧島硫黄山における観測計画策定と実行</li> <li>• 観測機材の整備と運用</li> </ul>	
--	--	--