

研究プロフィールシート（終了時評価）

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～31年度（令和元年度）

研究代表者：川村 安（福岡管区気象台 地域火山監視・警報センター 機動班長）

研究担当者：～平成30年度～

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	(H30.09迄)
技術専門官	林 幹太	(H30.10から)
技術専門官	池田 啓二	
技術専門官	雑山 浩秀	
技術専門官	菅原 道智	
機動班員	古田 仁康	
機動班員	高田 健一	
機動班員	末次 秀規	
機動班員	満永 大輔	
機動班員	千馬 竜太郎	
現業班員	工藤 直樹	
現業班員	本井 雅人	
現業班員	松本 享	

福岡管区気象台 地震火山課

火山活動評価官	後藤 進
火山活動評価係長	菅井 明
技術専門官	森 博一

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	有村 雄一

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	手操 佳子
～平成 31 年度（令和元年度）～		
福岡管区気象台 地域火山監視・警報センター		
	調査官	山部 美則
	主任技術専門官	井上 秀穂
	技術専門官	久利 美和
	技術専門官	篠原 英一郎 (R01.10 から)
	技術専門官	池田 啓二
	技術専門官	雑山 浩秀
	技術専門官	菅原 道智
	機動班員	古田 仁康
	機動班員	塚本 果織
	機動班員	末次 秀規
	機動班員	満永 大輔 (R01.09 迄)
	機動班員	千馬 竜太郎
	機動班員	工藤 直樹 (R01.10 から)
	現業班員	工藤 直樹 (R01.09 迄)
	現業班員	本井 雅人
	現業班員	松本 享
福岡管区気象台 地震火山課		
	火山活動評価官	後藤 進
	火山活動評価係長	菅井 明
	技術専門官	森 博一
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	川上 政樹
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	有村 雄一
鹿児島地方気象台 観測予報管理官		
	予報官	五藤 大仁
	技術専門官	手操 佳子

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CO₂/H₂O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CO₂/H₂S比やHe/CH₄比の変化、あるいは周辺山麓に湧出する熱水のCl/SO₄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(噴火が多発している桜島や多量の火山ガスを常時放出している阿蘇山)。対象火山は、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ことが期待される、九重山や霧島山硫黄山等を想定している。

3. 研究の目標

- 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。

- 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。
- 火山ガス成分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。

4. 研究結果

（1）成果の概要

各研究計画に関する成果は以下の通りである。

【観測技術の習得】

平成 30 年 7 月、火山研究部谷口研究官の指導の下、九重山及び霧島新湯噴気地帯（火山活動活発化に伴い、霧島硫黄山から対象フィールドを変更）にて、火山ガス成分観測の技術講習を執行した。技術講習に先立ち、福岡管区気象台において、火山ガス成分の観測が火山活動評価の精度向上に繋がる理由について、谷口研究官が講義を行うと共に、観測手法及び必要機材に関する座学を実施し、本研究計画の意義について、研究担当者の意識を高めた。これらの現地技術講習及び管区での座学によって、福岡センター及び各地台の観測担当者の観測技術研修を完了した。研修後、火山ガス成分観測の手順書を作成し、以後の観測に活用している。

【観測技術の習熟】

観測技術の指導後、各官署において現地観測を実施し、技術の習熟を進めた。なお、当初予定していた霧島硫黄山では、平成 30 年度末から噴気地帯での観測を実施できる活動状態となっている。観測実施回数として、平成 30 年度は、九重山 6 回、霧島新湯噴気地帯 5 回。霧島硫黄山 1 回。平成 31 年度は、九重山 7 回、霧島新湯噴気地帯 6 回。霧島硫黄山 6 回（それぞれの実施予定回数も含む）である。また、計画されたフィールド以外ではあるが、定期の機動観測にあわせて技術習得を進めており、2 カ年で、伽藍岳（別府）6 回、阿蘇吉岡噴気地帯 2 回、雲仙岳 2 回の観測を実施した。

【観測精度の評価】

火山ガス成分観測で得られる凝縮水を気象研究所にて分析を実施し、観測技能の評価をおこなった。結果として、研究(観測)担当者が実施した火山ガス成分観測の技術に問題はなく、火山活動評価に用いる精度を十分保った結果であることが保証された。この観測技能の評価にあたり、気象研究所との TV 会議を繋いで、観測結果及び測定技術に関する助言を受け、今後の進め方に関して議論を実施した。

【観測データを用いた活動評価検討】

九重硫黄山、霧島硫黄山の両火山において、マグマ活動の長期的な緩やかな活発化を示唆する火山ガス成分の変化を捉えることに成功した。特に、九重硫黄山においては、GNSS 連続観測での九重山周辺での膨張を示唆する基線長の伸び、全磁力観測での九重硫黄山浅部の蓄熱を示唆する消磁変化の要因がマグマ活動の活発化であることを、本研究で実施した火山ガス成分の観測から示唆されることとなった。このように、火山ガス成分変化の観測結果を利用し、地球物理学的観測データから示唆される火山活動状況との比較をすることで、その火山のマグマ活動がどのような状態で進行しているのかを考察し、評価できる手段が得られたと考える。令和 2 年 3 月には火山研究部菅野室長及び谷口研究官に臨席いただき、福岡管区气象台において、本研究で実施した観測結果を火山活動評価にどのように生かしていくのが効率的であるのか、研究担当者との議論・検討を実施する予定である。

(2) 当初計画からの変更点(研究手法の変更点等)

当初フィールドとして検討していた霧島硫黄山では、火山活動の活発化に伴い、噴気地帯での観測が安全管理上難しい状況となった。そのため、噴気地帯での安全性がある程度担保される状況となった平成 30 年度末まで観測を実施することができなかった。そのため、測定技術の習熟を進めるため、霧島新燃岳の山麓に位置する新湯噴気地帯を対象フィールドとして、観測を実施してきた。なお、霧島硫黄山においては、研究開始当初から、規制エリア外での霧島硫黄山を起源とする湧水(温泉水)の採取を実施し、この湧水(温泉水)の分析結果から得られる情報を用いた火山活動評価への利用法の検討を追加で実施している。

(3) 成果の他の研究への波及状況

気象研究所火山研究部では、重点研究 B7「火山ガス観測による火山活動監視・予測に関する研究」(H30 年度)及び研究課題 V2「火山活動の監視・予測に関する研究 - (副課題 2) 化学的手法等による火山活動監視」(H31 年度)あるいは東海大学との共同研究「火山ガス等の化学的手法と物理観測データに基づく火山活動評価研究(H29-H31 年度)」の一環として各地の活動的火山の噴気

地帯から火山ガスを採取し、その化学組成や凝縮水の安定同位体比の分析に取り組んでいる。本地方共同研究では火山ガスの化学組成分析に検知管法を用いており、検知管分析に供する火山ガスを採取する際に火山ガスに含まれる水蒸気を冷却して凝縮水として除去している。この凝縮水は安定同位体比分析用の試料として気象研究所に提供され、気象研究所の研究を推進している。

また、霧島山硫黄山で実施した火山ガス成分を溶存する熱水観測の成果は、気象研究所、東海大学、東京大学などが共同で実施している観測・研究に統合され、それらの結果は専門の学会や委員会で報告されるなど、本研究の成果は気象研究所や大学等他機関が実施する他の研究へも大きく波及した。

(4) 事前・中間評価の結果の研究への反映状況

今回、福岡管区火山センターを中心に実施されてきた火山ガス成分比の観測について、観測の準備過程から観測方法、測定データの評価法までをドキュメント化し、各センターで共有できるような教則本を作り上げることにも取り組んでいる。中間評価で指摘されたように、福岡管区での知見を全国官署に広め、気象庁全体の火山活動評価能力の向上を図っていく。

(5) 今後の課題

長期のマグマ活動の変化を捉えるためには、火山センターにおいて根気強い観測の継続が必要である。そのためには、今回会得した観測技術をしっかりと伝えていくことが重要な要素となる。そのためには、先述の教則本の必要性も大きい。観測技術を会得し伝承できる人材、観測データを評価できる人材を幅広く増やしていく努力が必要と考える。将来にわたって、この観測の意義と重要性について火山センターで共有し、データが示唆するマグマ活動の変化を理解する人材を育てていくことを気象研究所と連携して進められるかが今後の重要な課題であると考えている。

5. 自己点検

(1) 到達目標に対する達成度

当初掲げた3つの到達目標に対し、現段階では『火山ガス成分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』に関しては、本シート作成段階において、気象研究所と研究担当官署との間で評価検討の会合が未開催のため、まだ検討途上の目標である。それぞれの観測を終えたタイミングで、他の火山観測データと火山ガス成分比の変化を比較し、火山活動との関係性について議論を重ねてきたが、2年間を通して、どのようにデータを評価していくのが好ましいか、総まとめとしての課題発掘は3月に実施の検討会で議論する予定である。それ以外の2つに対しては、目標を達成したと考えており、今後も火山ガス成分観測を過不足なく実施できる。

(2) 到達目標の設定の妥当性

火山ガス成分の情報を、地域火山監視警報センターが火山活動評価へ組み込むためには、火山ガスサンプルの手技を会得することは当然であるが、火山ガスが活動的な火山にとって何を示唆するのか、実際の火山に身を置いて理解することが第一であると考えた。そこで、火山ガス成分観測を活動的火山で実施することに重きを置いて目標設定を行った。計画では、観測回数を多くすることで、手法を学べる職員の数を増やすとともに、複数回の観測を経験できる機会を設けた。本研究において、到達目標はやや低めに設定したが、結果として、火山ガス成分観測に興味を持ち、且つ手技を身につけた職員を増やすことに成功した。

(3) 研究の効率性（実施体制、研究手法等）について

本研究では、研究開始時に気象研究所の担当研究官から火山ガス成分を観測する意義について講義を受けるとともに、フィールドにおいてはプロである研究官からサンプル手法について直接指導を賜うなど、研究担当者が火山ガス成分観測に興味を持ち、研究へ積極的に取り組める下地を作ることになった。また、研究官から直接の指導を受けることで、当官署と気象研究所との関係がより太くなり、研究に関するアドバイスを受けやすい環境が構築できた。このことが、本研究の遂行を円滑に進め、進行状況の共有がリアルタイムで進み、逐次アドバイスを受けられる環境を構築することとなった。

気象研究所との関係強化の結果、本研究による観測のいくつかは、気象研究所、東海大学、東京大学などの専門家が実施する観測と共同で実施されることとなった。このことにより、観測（試料採取）地点や観測結果の相互共有が図られたとともに、火山ガスの専門家が実施する火山ガス観測の手法や手技、観測方法やデータの見方に関する注意点などを効率的に取り入れることができた。

(4) 成果の施策への活用・学術的意義

本研究の成果は、他の観測データと比較検討し、火山活動を評価する材料として、火山監視業務に利用されるようになった。また、成果の一部は、福岡管区气象台から火山噴火予知連絡会への資料として使われている。加えて、地元官署で頻度の高い火山ガス成分観測が実施されることで、気象研究所から出向いて観測を実施するよりも、より効率的にサンプルを取得することが可能となり、気象研究所の研究の進展に寄与することになった。

(5) 総合評価

本研究によって、福岡火山センターでは火山活動評価に火山ガス成分を組み込むことが可能となり、当初の目標を達成することができた。また、

気象研究所と火山センター間の関係がさらに向上し、本研究以外においても、観測結果に関する議論や火山活動に関する相談事項がより頻繁に交わされることとなった。本共同研究によって、火山ガス成分という火山活動評価への新たな知見が加わったとともに、気象研究所とのパイプがより強まったことで、あらゆる面において、福岡センターの火山監視能力をより高めることに繋がったと考える。

6. 参考資料

6.1 研究成果リスト

(1) 査読論文

なし

(2) 査読論文以外の著作物（翻訳、著書、解説）

- 菅原 道智・松本 亨・川村 安・火山ガス成分調査グループ，機動観測項目における火山ガス成分観測の実効性調査，平成 30 年度福岡管区気象研究会誌，No. 79，福岡管区気象台。
- 松本 亨・菅原 道智・川村 安・火山ガス成分調査グループ，機動観測項目における火山ガス成分観測の実効性調査 ―平成 30 年度～平成 31 年度 地方共同研究（平成 31 年度経過報告）―，令和元年度福岡管区気象研究会誌，No. 80，福岡管区気象台。

(3) 学会等発表

ア. 口頭発表

- 国際的な会議・学会等

なし

- 国内の会議・学会等

- 森 健彦・谷口無我・川村 安・平松秀行・池田啓二・菅井 明・菅原道智・高田健一・松本 亨・気象庁福岡管区気象台・気象庁大分地方気象台，九重硫黄山における火山活動の変化について，日本地球惑星科学連合 2019 年大会，2019 年 5 月，千葉県千葉市。
- 谷口無我，大場 武，外山浩太郎，気象庁福岡管区気象台，気象庁鹿児島地方気象台，霧島山硫黄山の湧水・湯だまりの水質（2019）日本地球惑星科学連合 2019 年大会，2019 年 5 月，千葉県千葉市。

イ. ポスター発表

- 国際的な会議・学会等

なし

- 国内の会議・学会等

なし

6.2 報道・記事

なし

6.3 その他（4.（3）「成果の他の研究への波及状況」関連）

霧島山硫黄山では、2018年4月噴火の前後で、一般に高温の火山ガスに多く含まれる成分（Cl/SO₄比）の割合が増加したことを捉えていた。その後、本研究においても、連携して継続的な観測を実施した結果、指標の一つとした硫黄山山麓の湧水に含まれるCl/SO₄比が、2019年になって低下したことを明らかにした。これらの成果は、日本地球惑星科学連合2019年大会の火山の専門セッションや専門家で構成される火山噴火予知連絡会などに報告された。

谷口無我，大場武，外山浩太郎，福岡管区气象台，鹿児島地方气象台（2019）

霧島山硫黄山周辺の湧水・湯だまりの化学組成（2019年1月25日現在），
火山噴火予知連絡会会報，132，312-316.

谷口無我，大場武，福岡管区气象台，鹿児島地方气象台（2019）霧島山硫黄山

周辺の湯溜り・湧水の化学組成（2018年10月19日現在），火山噴火予知連絡会会報，131，355-359.

谷口無我，大場武，西野佳奈，外山浩太郎，福岡管区气象台，鹿児島地方气象台

（2018）霧島山硫黄山周辺の湯溜り・湧水等の化学・安定同位体組成（2018年5月29日現在），火山噴火予知連絡会会報，130，285-291.