

論文題目： Searching for a linkage between volcanic gas flux and geophysical phenomena using sulfur dioxide visualization technique（二酸化硫黄可視化装置を用いた火山ガス放出量と地球物理学的観測量の因果関係の探求）

論文審査の結果の要旨

氏名 風早竜之介

マグマ中の揮発性成分は多くの火山活動に深く関わっており火山ガスとして地表に現れる。従って、火山ガスの放出挙動を知ることは、火山活動を理解する上で重要である。しかしながら、従来の火山ガス観測手法では、火山ガス放出の短時間の変動をとらえることができず、噴火に伴う地震や地殻変動などの地球物理学的観測データと十分な比較検討が不可能であった。本論文は、近年開発された火山ガスの可視化技術を駆使し、火山ガス放出の挙動と地球物理学的観測量とを結びつけて火山活動を解釈した先駆的な研究である。

本論文は 8 章からなる。第 1 章はイントロダクションであり、最初に火山学における火山ガスの重要性とこれまで行われてきた火山噴煙観測方法、特に二酸化硫黄の放出率測定法について述べている。さらに、火山ガス観測データと他の地球物理データとを比較した先行研究について紹介し、この分野の研究進展には火山ガス放出量の高時間分解能測定の必要性を指摘した上で、本研究の位置づけと目的を述べている。

第 2 章では、本論文の 3 章から 7 章の観測で使用する火山性二酸化硫黄の可視化手法の基本原則、観測方法、解析手法が述べられている。観測システムは、噴煙中の二酸化硫黄をイメージとして可視化する紫外線カメラ装置と、噴煙のある一点方向の二酸化硫黄カラム量を正確に測定する紫外分光計から構成されている。それぞれの装置による観測方法と解析手法をまとめるとともに、両者の測定を組み合わせ、より正確に二酸化硫黄量の分布を求める方法を述べている。

第 3 章では、桜島火山における観測結果と、現在噴煙活動を続けている昭和火口と南岳火口の 2 火口から放出される火山ガスを分離する手法について述べている。また、火山灰の影響等を考慮した観測装置の定量性についての評価をしている。従来の観測手法では、複数の火口から放出されるガス量を分離して測定することは難しかったが、可視化技術の長所の一つである、二酸化硫黄量分布を画像として捉えることによって分離が容易にできることを示している。また、ここで確立された桜島火山の昭和火口と南岳火口から放出される噴煙の分離は第 4 章で昭和火口の観測に使用される。

第 4 章では、桜島火山昭和火口における観測結果が述べられており、同火口における噴火と火山ガス放出率変化の関係について議論なされている。すなわち、噴火前に火山ガス放出率が減少することが観測されており、この結果は先行研究における噴火前に火口閉塞が起こるモデルと整合的である。また、火山ガスデータを傾斜や空振等の地球物理学的観測データと組み合わせることによって桜島における連続噴火についての解釈を行っている。

第 5 章では、浅間山火山における長周期地震と火山ガス放出量の関係性について述べている。浅間山火山では、2009 年 2 月の噴火以降、山頂直下で起こる長周期地震に引き続き、火口底に開いた孔より火山ガスが噴出する現象がしばしば観測されている。申請者はこの現象に着目し、火山ガス放出観測を実施した結果、長周期地震のモーメントと放出される

ガス量（二酸化硫黄量）との間には比例関係があることを明らかにした。これは、先行研究で提案されていた、長周期地震は火口直下での流体やガス移動によって励起されるというモデルを観測学的見地から支持するものであり、同時に、地震観測データと火山ガス放出量の関係を定量的に明らかにした世界で初めての研究である。さらに、浅間山火山における、長周期地震に伴う二酸化硫黄放出量と定常的に放出する二酸化硫黄放出量を分離し、長周期地震に伴うガス噴出量の割合を明らかにした。

第6章では、第5章で得られた長周期地震と火山ガスの関係性を利用して、地震の連続データから火山ガス放出率変化を算出する方法について述べている。この手法を用いて、浅間山では2009年2月噴火の前後で火道内脱ガスの様式が大きく変化したことを明らかにした。また、観測した二酸化硫黄量のデータに火山ガス組成のデータを加味することによって放出される火山ガスの総量を算出し、先行研究における長周期地震発生のモデルに基づいて、浅間山における長周期地震発生源の状態とガス噴出のモデルを提案している。

第7章では、これまでの観測経験をもとに、噴火メカニズムの解明をさらに進展させ検討するためには、火山ガスの直接的な連続観測が不可欠であることを指摘し、紫外線可視化測定を用いた火山ガス定常観測を実現するための技術開発を行った結果について示している。そこでは、定常観測の支障となっていた装置校正の自動化手法や、使用する紫外フィルターの問題解決法を示し、いくつかの測定シミュレーションを試みている。これらの技術開発によって、将来の定常観測がより実現的になると期待される。

第8章では、本研究で得られた成果をまとめ結論を示すとともに、今後の火山ガス観測研究に対する将来展望が述べられている。

以上に記述したように、本論文は、高時間分解能で測定した火山ガス放出量と地球物理学的観測量とを結びつけた先駆的な研究として位置づけられ、火山ガス観測による火山活動の理解の進展に向けて大きく貢献したものである。従って、学位論文としての十分な水準に達していると判断できる。

なお、本論文第5章及び第6章は Toshiya Mori, Minoru Takeo, Takao Ohminato, Taku Urabe, Yuta Maeda との共同研究であるが、論文提出者が主体となって分析及び検証を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断される。したがって、博士（理学）の学位を授与できると認める。