

論文内容要旨 (和文)

平成28年度入学 大学院博士後期課程

地球共生圏科学専攻 地球環境学分野

学生番号 16522102

氏名 西 勇樹



論文題目

蔵王火山、五色岳の噴火推移とマグマ供給系の変遷

○はじめに

蔵王火山は東北日本火山フロントに位置する活火山である。約3.5万年前からはじまった最新期活動によって馬の背カルデラが形成され、約2千年前にそのカルデラ内で五色岳が形成された。蔵王火山では2013年以降、火山性微動、山体の隆起、活発な噴気などの噴火の前兆現象が多数観測されているため、今後の活動に注意を要する活火山の一つである。よって、近い将来発生するおそれのある噴火に備えて、過去の活動によってもたらされた噴出物の噴火履歴、マグマ供給系の変遷の理解は重要である。本論では、蔵王火山のもっとも新しい山体である五色岳の約2.0~0.8 kaにもたらされた噴出物を対象として、噴火の推移とマグマ供給系の変遷について解明することを目的とする。

○対象噴出物と噴火推移について

対象噴出物は傾斜不整合などをもとに下位から、五色岳形成前の「GS溶岩類」、五色岳形成最初期の「五色岳南部火砕岩類」、五色岳成長時期の「五色岳主活動期噴出物」に分けられる。GS溶岩類は流下距離約750 mで幅およそ20~30 mの細長い形状を示す振子滝溶岩と、水冷自破砕溶岩と凝灰角礫岩からなる五色岳南方溶岩及び火砕岩類に細分される。五色岳南部火砕岩類は主に火砕サージ堆積物から構成されており、火砕岩脈が露頭で認められる。火砕岩脈は概ね北東-南西方向に伸長し、ほぼ垂直に成層構造の発達した火砕サージ堆積物を切っている。五色岳主活動期噴出物はおもに成層構造の発達した火砕サージ堆積物と降下火砕物からなる。地質学的特徴から対象噴出物の噴火様式および推移について検討すると、五色岳形成前は溶岩を流出した活動で、五色岳の形成最初期及び成長時期はマグマ水蒸気爆発、水蒸気噴火、およびスコリア噴火を主体とした活動であったと考えられる。

○岩石学的特徴と推定されるマグマ供給系の基本構造

全ての噴出物は中間カリウム-カルクアルカリ系列に属し、蜂の巣状構造や汚濁帯を持つ斜長石、 Fo_{80} 前後のかんらん石、逆累帯構造をもつ直方輝石および単斜輝石斑晶を含む。さらに、斜長石と両輝石はバイモーダルな組成分布を示す。また、 SiO_2 組成変化図上で線形の組成トレンドを描く。より詳しく見ると、GS溶岩類の SiO_2 は57.5~58.0 wt% にまとまっている一方で、その他の噴出物の SiO_2 は56.0~57.7 wt% である。さらにGS溶岩類、五色岳南部火砕岩類、五色岳主活動期噴出物のTi、Cr、Fe、Cr- SiO_2 とRb-Rb/Zrの組成トレンドはそれぞれやや異なっている。

岩石学的特徴から、すべての噴出物は珪長質・苦鉄質端成分マグマの混合によって形成されたと考えられる。両端成分マグマについて SiO_2 量・温度・圧力・含水量条件を推定したところ、珪長質端成分マグマ (Mg-poorな両輝石、An-poorな斜長石、磁鉄鉱を含む) は約60%、980°C、1.4 kb、2.3%で、苦鉄質端成分マグマ (Fo-richかんらん石、An-rich斜長石を含む) は約48%、

1100°C、約1.7 kb、約1.7%と推定された。

○直方輝石の分類と化学組成

噴出物に含まれる直方輝石は累帯構造の特徴から、homogenous-core、thin-darker-zone、broad-darker-zone、oscillatory-zonedタイプの全4つのタイプに分類できる。homogenous-coreタイプは均質なコア(Mg# = 63-69)を持つ。thin-darker-zoneタイプはコア (Mg# = 63-66) から約50 μ m以下のMg-rich zone(Mg# = 75)とリム (Mg# = 69) を持つ。broad-darker-zoneタイプはコア (Mg# = 63-66) から約100 μ m以下のリム (Mg# = 69) にかけて徐々にMg#が増加する。oscillatory-zonedタイプはMg#-richer part (Mg# = 75)とMg#-poorer part (Mg# = 65-69)が複雑に累帯し、約50 μ m以下のリム (Mg# = 69-75) を持つ。

○直方輝石の滞留時間とマグマ供給系の変遷

thin-darker-zone、broad-darker-zoneタイプの代表的直方輝石斑晶についてFe-Mg組成プロファイルを求めた。その結果、thin-darker-zoneタイプでは1.5年未満、broad-darker-zoneタイプでは2.5~150年の結果が得られた。滞留時間の短いthin-darker-zoneタイプは五色岳南部火砕岩類と五色岳主活動噴出物で多く、滞留時間の長いbroad-darker-zoneタイプはGS 溶岩類が多い。

○マグマ供給系の構造と変遷について

broad-darker-zoneタイプについて得られた値は、先駆的な苦鉄質マグマの注入と混合マグマ層の形成が約150年前から開始したことを示唆する。このタイプのリムのMg#は69であり、混合マグマ層はこの組成の輝石が晶出する組成であった。一方、thin-darker-zoneタイプで得られた1.5年未満の短い滞留時間は、噴火を誘発した苦鉄質マグマの注入を示すと考えられる。なお、thin-darker-zoneタイプのMg-rich zoneのMg#は~79である。よって、Mg-rich zoneは上記混合マグマと苦鉄質マグマの混合によって形成された中間的な組成のマグマ (高Mg混合マグマ) から晶出したと考えられる。thin-darker-zoneタイプのリムもMg#は69程度である。従って、高Mg混合マグマは一時的に形成されたと考えられる。thin-darker-zoneタイプのコアは珪長質マグマで晶出した組成である (Mg# = 63-66)。よって、高Mg混合マグマが珪長質マグマに到達した際に後者から前者に取り込まれたと考えられる。

GS溶岩類ではbroad-darker-zoneタイプが多く、thin-darker-zoneタイプが少ない。五色岳南部火砕岩類と五色岳主活動期噴出物は逆である。これは、GS溶岩類の場合、混合マグマ層がより発達していたため、滞留時間の長いbroad-darker-zoneタイプが富んでいたと考えられる。また、一時的に形成された高Mg混合マグマが上位の珪長質マグマに到達しにくかったため、thin-darker-zoneタイプが少なかったと考えられる。さらに、より長時間発達していた混合マグマ層において、苦鉄質マグマ由来の揮発性成分が十分に拡散し、脱ガスした結果、溶岩の流出に至ったと考えられる。一方で、五色岳南部火砕岩類と五色岳主活動期噴出物の場合、混合マグマ層が未発達であったため、滞留時間の長いbroad-darker-zoneタイプが少なく、高Mg混合マグマが珪長質端成分マグマに到達しやすかったと考えられる。そのため、thin-darker-zoneタイプの割合が高かったと考えられる。更に、未発達な混合マグマ層では苦鉄質マグマ由来の揮発性成分が拡散しにくく、脱ガスする時間がほとんど無かったため、爆発的な噴火に至ったと考えられる。

対象噴出物のマグマ供給系についてまとめると、五色岳形成前の混合マグマ層は発達していたが、五色岳形成最初期及び成長期に混合マグマ層は未発達になったと考えられる。

論文内容要旨 (英文)

平成28年度入学 大学院博士後期課程

地球共生圏科学専攻 地球環境学分野

氏 名 西 勇樹



論 文 題 目 The eruption sequence and temporal change of
the magma feeding system of the Goshikidake, Zao volcano

Zao volcano is active volcanoes in northeast Japan, having long eruption histories (~1 Ma), and last one occurred in 1940. Precursory phenomena have been detected in this volcano since 2013; thus, it is essential to characterize the magma feeding system beneath the volcano. To understand the magma chamber structure and dynamics associated with the recent activity (ca. ~2ka) of Zao volcano, we conducted geological, petrological and geochemical studies in the representative pyroclastic products and lavas of its recent activity. The products can be subdivided into GS lavas, GSN pyroclastics, GSM pyroclastics based on the unconformity.

All samples are calc-alkaline olivine-bearing pyroxene andesites formed by the mixing between felsic (Mg-poor pyroxenes + anorthite (An)-poor plagioclases) and mafic (forsterite (Fo)-rich olivines + An-rich plagioclases magmas). The estimated temperature (T)- pressure (P)- water activity (H_2O) conditions of the felsic is ca. 60 wt% SiO_2 , 980° C, 1.4 kbar and 2.3 wt% H_2O , and the mafic is ca. 48.0 wt% SiO_2 , 1,100° C - , 1.7 kbar and 1.7 wt% H_2O .

Based on the opx zoning profiles, the mixed magma can be classified into the main

mixed magma and Mg-rich mixed magma. Additionally, the main mixed magma was formed by the repetitive input of mafic magma into the felsic chamber. Also, the injection formed tentatively the Mg-rich-mixed magma, thereafter it homogenized into the main mixed magma.

The residence time on opx is less than 60 days to 1.5 years for thin-darker-zone types, and is from 2.5 years to 150 years for broad-darker-zone types until the eruptions. These results suggest that the mafic magma had input into felsic magma for a long time ago before the eruption.

The thin-darker-zone type opx are rare in the GS lavas, but abundant in the GSN and GSM pyroclastics. Instead, the broad-darker-zone type opx is abundant in the GS lavas, but rare in the GSN and GSM pyroclastics. Therefore, the main mixed magma for the GS lavas were more evolved than for the GSN and GSM pyroclastics.

The injected mafic magmas and volatile in the GS lavas were able to marged more extensively than the GSN and GSM pyroclastics. As a result, the effusive eruption would have occurred.

学位論文の審査及び最終試験の結果の要旨

平成31年 2月 8日

理工学研究科長 殿

課程博士論文審査委員会

主査 伴 雅雄

副査 中島 和夫

副査 門叶冬樹

副査

副査



印

印

学位論文の審査及び最終試験の結果を下記のとおり報告します。

記

論文申請者	地球共生圏科学専攻・地球環境学分野		氏名 西 勇樹
論文題目	蔵王火山、五色岳の噴火推移とマグマ供給系の変遷		
学位論文審査結果	合格	論文審査年月日	平成31年 1月28日～ 平成31年 2月 5日
論文公聴会	平成31年 2月 5日	場 所	理学部31教室
最終試験結果	合格	最終試験年月日	平成31年 2月 5日

学位論文の審査結果の要旨 (1,000字程度)

本論文は、地球物質科学的研究によって、蔵王山、五色岳の噴火推移とマグマ供給系の変遷を解明したものである。第1章では研究背景と目的が述べられている。地球物質科学的な研究が今後の噴火予測に関して重要な情報を提供できるように発展してきたことを踏まえ、蔵王山は活火山であり今後も噴火の可能性が高く、過去の噴火推移とマグマ供給系の変遷を物質科学的に解明しておくことが重要であることが述べられている。第2、3章では蔵王山の地質概要と対象とした噴出物の地質学的な観察結果の詳細が記載されている。噴出物はそれらをもたらした噴火口の違いにより、下位から4つのユニットに分けられている。最下位は溶岩からなり、上位3つは火砕岩からなる。第4章では噴出物の岩石記載、全岩化学組成、鉱物化学組成などの特徴が詳細に述べられている。特に、噴出物の中の斑晶の組成累帯構造について綿密に分析を行い、外縁部に逆累帯構造がみられるものについてその幅が狭いものと広いものの2つに分類し、鉄、マグネシウムに加えアルミニウムの組成累帯の特徴が異なることを明らかにしている。第5章では得られたデータを基に、蔵王山、五色岳の噴火の推移に伴うマグマ供給系の変遷について綿密に考察されている。マグマ供給系は基本構成と機能は浅部マグマ溜りに深部から高温マグマが注入し噴火に至るというものであり、どのユニットについても同様である。一方、特に斑晶外縁部の組成累帯が広いものと狭いものの割合が、溶岩ユニットより火砕岩ユニットの方が、また同じ火砕岩ユニットでも上位の方が低いことから、噴出物注入後に浅部マグマたまり内で形成される中間マグマの発達程度は上位ほど低いと推定された。組成累帯幅の広さは混合マグマたまり内での滞留時間の長さに対応している。モデル計算を基に、広い場合は2.5～150年、狭い場合は1.5年未満と推定された。

本研究結果の主要部分である蔵王山、五色岳の噴火推移に伴うマグマ供給系の変遷に関しては、国際誌に掲載済みであり学位論文の審査の条件を満たしている。また、国際学会3件、国内学会5件を通して研究成果を学会に公表し国内外の研究者から専門性が高く興味深い成果であるとの評価を得てきた。本論文で得られた結果は、活火山のマグマ供給系の構造と噴火に至るダイナミクスとタイムスケール及び噴火史に沿った変遷を解明した点で、他火山の同様の研究に波及効果が高く、また噴火予測を行う際に重要な情報となる。このように本研究は学術的価値のある知見を有しており、また論理的に書かれ、テーマに沿った結論を得、構成や体裁も整っており、博士学位論文として十分な価値があるとして合格と判定した。なお、本論文は、研究倫理又は利益相反等に係る学内規則に基づく手続きは必要ありません。

最終試験の結果の要旨

学位論文の内容を要約した口頭発表及び質疑応答を最終試験とした。研究のテーマ及び研究方法は、当該分野の博士論文として適切なものであり、また、データの質と量、考察内容、結論は関連分野の博士論文として十分なレベルに達していると判断された。質疑応答の過程では、該当分野の専門知識、技能、および考察力を有していると判断された。また研究の展望や波及効果についての意見も有している。以上から課程博士として十分な資質が認められ、最終試験を合格と判定した。