

論文内容要旨 (和文)

2021年度入学 大学院博士後期課程

地球共生圏科学専攻 地球科学分野

氏 名 鈴木 哲士



論文題目 フレアアップ期のマグマの大陸地殻浅部への貫入・定置機構：

北上山地のアダカイト質深成岩体への注目

海洋地殻の沈み込みではカルクアルカリ～シヨシヨナイト質マグマとアダカイト質マグマが形成され、そのマグマは上昇・貫入・定置のプロセスを通じて冷却・固化し、大陸地殻の主な構成岩体である深成岩（花崗岩）体となる。また、深成岩の周囲では高温低圧型変成作用、接触変成作用が生じ、大陸地殻の岩相分布に影響を与える。このため、島弧・海溝系の沈み込み帯で生じるカルクアルカリ～シヨシヨナイト質マグマとアダカイト質マグマの形成は、大陸地殻の発達・進化に大きく寄与する。それゆえ、島弧・海溝系の沈み込み帯は、活発なマグマ活動に基づく大陸地殻成長の場として捉えられる。

島弧・海溝系の沈み込みにより形成された北上山地の深成岩体では、アダカイト質岩と非アダカイト質岩（カルクアルカリ～シヨシヨナイト質岩）の産出が報告される。この深成岩体は、ジルコン U-Pb 年代から 125～110 Ma の火成活動によって生成されたことが報告されている。また、北上山地の深成岩類の形成年代は、マグマの生成量が大きく増大した約 112 Ma の「白亜紀フレアアップ期」と一致する。つまり、北上山地の深成岩体は白亜紀フレアアップ期にアダカイト質マグマと非アダカイト質マグマによって形成されたことを示唆する。そのため、島弧・海溝系の沈み込み帯のマグマ活動のダイナミクスを評価する上で、「フレアアップ期」、「アダカイト質マグマと非アダカイト質マグマ」の両方の特徴を併せ持つ北上山地の深成岩体は最適な研究対象と言える。

これまでの既存研究において、アダカイト質や非アダカイト質マグマの発生に関する知見は報告されているものの、アダカイト質マグマと非アダカイト質マグマの浅部地殻への貫入・定置機構（特にマグマの貫入・上昇、定置、固化に至るまでの冷却過程、貫入速度）の既報はなく、北上山地の深成岩類を対象にすることで、フレアアップ・アダカイト質マグマの 2 つのキーワードに基づき、浅部地殻への貫入・定置機構の解明をもたらすことができる。

北上山地に産する深成岩体は岩石学的特徴の違い（特にアダカイト質岩の産出の有無）から深成岩体を 2 つの産状に分類可能である。1 つ目の産状は、非アダカイト質岩が単独で産出する岩体（久喜花崗岩体など）で、もう 1 つの産状は、中心部にアダカイト質岩、周囲に非アダカイト質岩の累帯構造を示す岩体（遠野複合深成岩体など）である。堺ノ神深成岩体は、論文執筆者の露頭調査や岩石学的研究により、中心部にアダカイト質岩を産出するものの、明瞭な累帯構造を示さないことを見出した。このことは、前者の産状をさらに細分する必要性を有する。本研究では非アダカイト質マグマ単独で形成された久喜花崗岩体と、中心部にアダカイト質岩を産出するものの、明瞭な累帯構造を示さない堺ノ神深成岩体の 2 岩体を研究対象とする。久喜花崗岩体と堺ノ神深成岩体を対象とすることで、白亜紀フレアアップ期のアダカイト質マグマと非アダカイト質マグマを形成するマグマの浅部地殻への貫入・定置機構の解明を行う。

本論文では 2 つの岩体において岩石学的研究と年代学的研究の結果を報告し、両者の貫入・定置機構の相違について議論する。岩石学的研究ではモード、全岩化学組成や鉱物化学組成を記載し、深成

岩体中の岩石学的特徴の空間分布を論じる。堺ノ神深成岩体では、標高の異なる露頭からの数多くのサンプルを対象とすることで、空間的な岩相区分を実施した。それに対して、久喜岩体ではボーリングコア試料を使用することにより、鉛直方向の岩石学的特徴からマグマ溜り内の分別結晶作用について議論する。これに加えて、ホルンブレンドの化学組成から地質温度計・圧力計の適用に基づき、マグマの圧力・温度 (P - T) 履歴を提示する。圧力はマグマの深度の情報と読み替えることができる。熱年代学的研究では、レーザーアブレーション誘導結合プラズマ質量分析器 (LA-ICP-MS) を用い、ジルコン U-Pb 年代・Ti 濃度・Th/U の同時定量を実施した。これらの分析から導出されるジルコンの結晶化年代と結晶化温度からマグマの時間・温度 (t - T) 履歴を構築する。本論文では、第一章に北上山地のフレアアップ期とアダカイト質岩に対するレビューを行い、本研究の目的を論じる。次に、第二章では研究手法について示し、第三章では堺ノ神深成岩体の結果と議論を、第四章では久喜花崗岩体の結果と議論を展開する。最終の第五章では、北上産地のフレアアップ期におけるアダカイト質マグマと非アダカイト質マグマの地殻浅部への貫入・定置様式の相違について論じる。特に、各マグマの P - T 履歴と t - T 履歴を組み合わせることで①アダカイト質マグマと非アダカイト質マグマの貫入・上昇、定置、固化に至るまでの冷却過程の相違、および②マグマの貫入速度の相違に焦点を当て、論述を行う。

論文内容要旨 (英文)

2021年度入学 大学院博士後期課程

地球共生圏科学専攻 地球科学分野

氏 名 鈴木 哲士



論文題目 Intrusion and emplacement processes of magma in the shallow crust at the flare-up stage: Focusing on the adakitic rocks, Kitakami mountains, northeastern Japan

Calc-alkaline to shoshonitic and adakitic rocks are produced based on subduction of the oceanic crust, which were cooled and solidified through the processes of intrusion, ascent, and emplacement from magma chambers to plutonic (granitic) rock bodies. The plutonic rocks are the main constituent rock bodies of the continental crust. Thermal release from the magma chamber causes contact metamorphism and the development of regional low-pressure/temperature metamorphism in the crust. Therefore, the formation of calc-alkaline to shoshonitic and adakitic magmas that occur in the subduction zones in the island arc-trench system contributes significantly to the development and evolution of continental crust.

The plutonic rocks in the Kitakami Mountains, which produced due to the subduction of the oceanic crust, consist of adakitic rocks and non-adakitic (calc-alkaline to shoshonite) rocks. The plutonic rocks in the Kitakami Mountains have U-Pb ages of ca. 125 – 110 Ma, which corresponds to the ‘Cretaceous Magmatic flare-up stage’ of ca. 112 Ma. That is, the plutonic rocks in the Kitakami Mountains are the best targets for evaluating the dynamics of magmatic activity in the subduction zones of the island arc-trench system because they the plutonic rocks were produced by adakitic and non-adakitic magmas during the flare-up stage.

We aim to elucidate the intrusion and emplacement processes of the magma into the shallow crust, using the adakitic Sakainokami plutonic body and non-adakitic Kuki granite in the Kitakami Mountains. The Sakainokami plutonic body occurs as adakitic lithofacies at the central parts and the surrounding non-adakitic lithofacies, and the adakitic and non-adakitic lithofacies do not show the zoned distributions. The Kuki granite is only accompanied with the non-adakitic lithofacies.

This paper describes the results of petrological and geochronological studies for the Sakainokami plutonic body and the Kuki granite and discussion the differences in their intrusion and emplacement processes in the shallow crust. The petrological study describes the mode, whole-rock chemistry and mineral chemical composition, and discusses the spatial distribution of petrological characterization in the target rock bodies. Spatial distribution of petrological characterization for the Sakainokami plutonic body was carried out by using a large number of rock samples collected from outcrops at different elevations. In contrast, the spatial distribution of petrological characterization for the Kuki granitic body was carried out by using borehole core samples. Based on the chemical composition of the hornblende, pressure-temperature (P - T) histories of the magma chamber are presented based on the application of geothermometer of Putirka (2016) and geobarometer of Mutch et al. (2016). The pressure can be interpreted as the depth of the magma chamber. For geochronological studies, the simultaneous determination of zircon U-Pb age, titanium concentration, and Th/U was performed using a laser ablation inductively coupled plasma mass spectrometer (LA-ICP-MS). Time-temperature (t - T) histories of the magma was constructed from the zircon

crystallization age (U–Pb age) and crystallization temperature (titanium concentration).

Chapter 1 in this paper presents review of adakitic and non-adakitic rocks in the Kitakami Mountains during the flare-up stage, and the investigative purpose of this study. Next, Chapter 2 presents the research methodology. Chapter 3 describes the results and discussion of the Sakainokami plutonic body, and Chapter 4 describes the results and discussion of the Kuki granitic body. The final Chapter 5, discusses the differences in intrusion and emplacement processes between adakitic and non-adakitic magmas in the shallow crust during the flare-up stage. In particular, based on the combining the P - T and t - T histories of each magma, we focus on 1) differences in the cooling process between adakitic and non-adakitic magmas, and (2) differences in the rate of magma intrusion in the shallow crust.

学位論文の審査及び最終試験の結果の要旨

令和6年2月6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 加々島慎一
副査 並河英紀
副査 常松佳恵
副査 湯口貴史



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・地球科学分野 氏名 鈴木 哲士		
論文題目	フレアアップ期のマグマの大陸地殻浅部への貫入・定置機構： 北上山地のアダカイト質深成岩体への注目		
学位論文審査結果	合格	論文審査年月日	令和6年1月22日～ 令和6年2月2日
論文公聴会	令和6年2月2日	場 所	理学部14番教室
最終試験結果	合格	最終試験年月日	令和6年2月2日
学位論文の審査結果の要旨（1,000字程度）			
北上山地には、マグマ活動が増大したフレアアップによって形成された白亜紀の深成岩体が数多く分布しており、本研究ではこれらの中の代表的岩体について、それらをもたらしたマグマの貫入・定置機構の解明を行ったものである。 第1章では、本研究の背景と目的が述べられている。日本のような沈み込み帯においてマグマが発生・固化することによって大陸が成長し、マグマが多量に発生するフレアアップ期には成長が著しく、その間の火成活動の全容解明は大陸地殻の成長を考える上で重要な位置を占めるため、本研究ではフレアアップ期に形成された北上山地の深成岩類の代表的岩体（アダカイト質岩を伴う堺ノ神岩体と非アダカイト質岩のみからなる久喜岩体）を選定し、各々をもたらしたマグマの貫入・定置機構の解明を行ったことが述べられている。第2章では、野外調査、顕微鏡観察及び各種化学分析の手法が述べられている。第3章では、堺ノ神岩体について得られた成果が述べられている。アダカイト質岩は岩体中心部に、非アダカイト質岩はそれを取り巻くように分布しており、前者は125~120 Ma、後者は130~125 Maに、地下約4~7 kmにマグマが定置・固結し形成されたと推定された。また、前者には地下約11 km、後者には約22 kmまでの深度で結晶化した鉱物が認められる。それらは各岩体をもたらしたマグマの上昇中に様々な深度で形成され、それに伴い各々の内部の組成変化がもたらされたと考えた。さらに、晶出時の推定温度も組み合わせることで検討した結果、アダカイト質の方が非アダカイト質岩のマグマよりもやや上昇速度が速かったと推定された。第4章では、久喜岩体について得られた成果が述べられている。本岩体は約125 Maに、地下約11 kmにマグマが定置し、その場で結晶・固結が進行したと推定された。第5章では、得られた結果がまとめられており、特に、アダカイト質岩を伴う堺ノ神岩体では、地殻中部でマグマの結晶化が開始されたが、最終的な定置深度が比較的浅かったのに対し、アダカイト質岩を伴わない久喜岩体では、比較的深い深度にマグマが注入・定置し、そこで一気に結晶化が進行したといった両者の違いが強調された。 本研究で得られた成果の主要部分は国際誌に受理済みで、学位論文の審査基準を満たしている。本研究で得られたマグマの貫入・定置機構に関する成果は、フレアアップ期の火成活動全容解明のための非常に重要な知見であり、学会の優秀発表賞を受賞するなど、その成果は高い評価を得ている。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是、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。さらに、研究の展望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。			