

氏名	ますぶち よしこ 増渕 佳子
学位の種類	博士(理学)
学位記番号	富理工博甲第114号
学位授与年月日	平成28年9月30日
専攻名	新エネルギー科学専攻
学位授与の要件	富山大学学位規則第3条第3項該当
学位論文題目	沼沢火山のマグマ供給系の岩石学進化とカルデラ形成噴火の準備過程と発生機構
論文審査委員 (主査)	大藤 茂 清水 正明 楠本 成寿

学位論文要旨

学位論文題目

沼沢火山のマグマ供給系の岩石学進化とカルデラ形成噴火の準備過程と発生機構

Petrological evolution of the magma-plumbing system beneath Numazawa volcano, NE Japan: implications for preparing processes and trigger mechanism of caldera-forming eruption

専攻 新エネルギー科学専攻
氏名 増渕 佳子

カルデラ形成を伴う大規模な火砕噴火（以後、カルデラ形成噴火）が発生した場合、その発生場所によっては、広範囲に甚大な人的被害をもたらすことが予想される。そのため、カルデラ形成噴火の準備過程と発生メカニズムを理解し、そのリスクを正しく評価することが防災上非常に重要な課題となっている。

本論の研究対象である沼沢火山（福島県）は、11 万年前に活動を開始して以来、流紋岩～デイサイト質マグマを主体とした溶岩噴火と火砕噴火を繰り返してきた（山元，2003；山元・駒澤，2004）。5400 年前には大規模なカルデラ形成噴火（沼沢湖火砕噴火）を起こし、カルデラ（現在の沼沢湖）を形成した。本論は、沼沢火山の噴出物の岩石学的研究から、活動の主体となった珪長質マグマ溜りの進化について明らかにするものである。また、カルデラ噴火で噴出した多様な本質物の岩石学的解析から、マグマ溜りの内部構造について詳細に明らかにするとともに、カルデラ形成噴火のトリガーとなった苦鉄質マグマとの混合と噴火開始のメカニズムについて議論する。さらにそれらを総括して、沼沢火山のマグマ供給系とカルデラ形成噴火に至るマグマ溜りの中～長期的な準備過程について述べる。

第1章では、カルデラ研究における現状と課題について先行研究をまとめ、本論の着想に至った背景と研究目的を述べる。

第2章では、沼沢火山の基盤地質と噴火史について述べる。沼沢火山の活動史は、山元氏の一連の研究によりその全容がほぼ解明されている（山元，1995，2003，2014；山元・駒澤，2004）。これらの研究によると、沼沢火山の噴火活動は、尻吹峠火砕噴火（110 ka）、木冷沢溶岩噴火（71 ka）、水沼火砕噴火（53 ka）、惣山溶岩噴火（43 ka）、前山溶岩噴火（24 ka）、沼沢湖火砕噴火（5.4 ka）の計6回である。

第3章では、本論で扱った試料とその分析方法について述べる。本論では沼沢火山の先カルデラ期（尻吹峠火砕噴火～前山溶岩噴火）とカルデラ形成期（沼沢湖火砕噴火）の噴出物を対象とし、その岩石記載、全岩化学組成（主成分、微量成分、Sr および Nd 同位体

組成) および斑晶鉍物組成 (斜長石, 角閃石, 斜方輝石, Fe-Ti 酸化鉍物) の分析を行った。惣山溶岩噴火以降, 珪長質な本質物 (溶岩あるいは軽石として噴出) とともに安山岩組成の本質物 (苦鉄質包有岩あるいはスコリアとして噴出) が見られる。また, 沼沢湖火砕噴火で噴出した軽石は, 斑晶量の違いから 3 タイプに区別される。本論では, これらの苦鉄質な本質物と多様な軽石も分析試料とし, 3 タイプの軽石は石基ガラス組成の分析も行った。

第 4 章では, 沼沢火山の 6 回の噴火の噴出物の岩石記載, 全岩化学組成, 鉍物化学組成の解析結果について述べる。これらのデータを噴火ごとに詳細に比較すると, それぞれが固有の全岩化学組成, 斑晶鉍物の組合せと組成をもつことが明らかになった。これらの分析データを基に, 各噴火期の流紋岩~デイサイトが固有の岩石学的特性を有する珪長質マグマに由来し, 噴火期ごとに珪長質マグマが更新されたことについて述べる。また, 43 ka の惣山溶岩噴火と 24 ka の前山溶岩噴火で珪長質マグマとともに噴出した安山岩質マグマは, 噴火の主体となった珪長質マグマと同じ同位体組成をもち, 両マグマの起源物質が同じであることが明らかになった。一方で, カルデラ形成噴火で噴出した 3 種類のマグマは異なる同位体組成をもち, 起源物質の異なる 3 種類のマグマがカルデラ形成噴火期に活動したことが明らかとなった。

第 5 章では, 沼沢湖火砕噴火で噴出した多様な本質物についての岩石学的解析をもとに, カルデラ形成噴火を引き起こした珪長質マグマ溜りの構造とマグマ供給系について検討する。この噴火で噴出した軽石は, 斑晶量を基に, 斑状の白色軽石, 斑晶に乏しい軽石, 微斑晶に富む軽石の 3 タイプに分けられる。これら 3 タイプの軽石の成因関係を岩石記載, 全岩化学組成, 石基ガラス組成, 鉍物化学組成と累帯構造を基に検討した結果, 沼沢湖火砕噴火のマグマ溜り内で進行した以下のようなマグマプロセスが明らかになった。マグマ溜り周辺の壁岩付近での段階的な結晶分化作用により集積岩状の微斑晶に富む軽石が壁岩沿いに形成され, マグマ溜り中心部には均質なマッシュ状のデイサイト質マグマ (白色軽石形成マグマ) が蓄積された。噴火直前には, 高温の苦鉄質マグマがマグマ溜り内に注入し, マッシュ状デイサイト質マグマの一部が, 過熱に伴う斑晶の溶融により斑晶の少ない低粘性の珪長質マグマ (斑晶に乏しい軽石を形成したマグマ) へ変化した。このような流動性に富むマグマの噴出が, マグマ溜りの大部分を占めていた高温性のマッシュ状のデイサイト質マグマの大量噴出の引金となり, カルデラ形成噴火を開始させる駆動力となった。

第 6 章では, 全体の総括として第 4 章と第 5 章をまとめ, 沼沢火山のマグマの起源と成因, 蓄積過程について, 先行研究や他の火山との比較検討から述べる。沼沢火山のマグマは下部地殻の部分溶融によって形成されたと考えられるが, 惣山溶岩噴火以降, 親子関係の無い複数のマグマが噴出していること, また地下の多様な場でマグマが発生し, それが地殻中の浅所マグマ溜りに集積したことが大規模なカルデラ噴火の原因となったことについて述べる。

論文審査結果の要旨

学位申請者

氏名 増渕 佳子

専攻名 新エネルギー科学専攻

学位論文題目

沼沢火山のマグマ供給系の岩石学進化とカルデラ形成噴火の準備過程と発生機構

Petrological evolution of the magma-plumbing system beneath Numazawa volcano, NE Japan: implications for preparing processes and trigger mechanism of caldera-forming eruption

論文審査委員

主査 富山大学教授 大藤 茂

副査 富山大学教授 清水 正明

副査 富山大学准教授 楠本 成寿

本学位論文の審査委員会は、申請論文を詳細に査読・審査し、平成 29 年 2 月 6 日に公開で開催した博士論文公聴会での発表内容と質疑応答についても審査した。以下に審査結果を要約する。

申請論文は、福島県の沼沢火山を対象とした岩石学的研究である。沼沢火山は、11 万年前の最初の噴火を含めて、流紋岩～デイサイト質マグマを主体とした溶岩噴火と火砕噴火を 6 回繰り返した。最後の 5400 年前の噴火は、大規模なカルデラ形成噴火（沼沢湖火砕噴火）であった。本論の主要な成果は、以下の 4 点に要約される。①沼沢火山の噴出物の岩石学的研究から、活動の主体となった珪長質マグマ溜りの進化を解明した。②カルデラ噴火で噴出した多様な本質物の岩石学的解析から、マグマ溜りの内部構造を詳細に解明した。③カルデラ形成噴火の引き金となった、苦鉄質マグマとの混合と噴火開始のメカニズムについて議論した。④以上を総括して、沼沢火山のマグマ供給系とカルデラ形成噴火に至るマグマ溜りの中～長期的な準備過程を考察した。

第 1 章は、世界及び日本におけるカルデラ研究の現状と課題を紹介し、本論の着想に至った背景と研究目的を記した章である。

第 2 章は、沼沢火山の基盤地質と噴火史をはじめ、第 3 章以降を理解する上での基本事項を解説した章である。

第 3 章は、研究手法、特に分析試料及び分析方法について詳しく記した章である。本論文で扱った試料は、沼沢火山の先カルデラ期及びカルデラ形成期の噴出物である。研究手法は、岩石記載（肉眼・顕微鏡観察に基づく）と全岩化学組成及び斑晶鉱物組成の分析である。

第 4 章は、沼沢火山のマグマ供給系の岩石学的進化について、6 回の噴火の噴出物の岩石記載、全岩化学組成、及び鉱物化学組成のデータを示した上で議論した章である。ここで明らかとなったことは、以下の通りである。① 6 回の噴火の噴出物それぞれが、固有の全岩化学組成と、斑晶鉱物の組合せ及び組成をもつ。②各噴火期の流紋岩～デイサイトは、固有の岩石学的特性を有する珪長質マグマに由来し、噴火期ごとに珪長質マグマが更新されたものと解釈される。③ 4～5

回めの噴火で珪長質マグマとともに噴出した安山岩質マグマは、噴火の主体となった珪長質マグマと同じ同位体組成をもつため、珪長質マグマと起源物質を同じくする。④6回めの、カルデラ形成噴火で噴出した3種類のマグマは異なる同位体組成をもち、起源物質の異なる3種類のマグマがカルデラ形成噴火期に活動したと解釈される。本章の内容は2回の学会講演で発表されており、その一部は論文として公表された（増渕ほか，2016）。

第5章は、カルデラ形成噴火を引き起こした珪長質マグマ溜りの構造とマグマ供給系を、多様な噴出物の分析結果をもとに検討した章である。この噴火で噴出した軽石を3つのタイプ（①斑晶に富むタイプ，②中間的なタイプ，③斑晶に乏しいタイプ）に分け、それらの成因とカルデラ形成噴火時のマグマプロセスを議論している。②は噴火前のマグマ溜まりが主に粥状マグマに満たされていたことを示し、①はそこから晶出した結晶が壁岩付近に集積していたことを示す。③は、噴火直前に高温の苦鉄質マグマがマグマ溜り内に注入して粥状マグマ中の結晶を一部溶解させ、斑晶の少ない低粘性マグマを形成したことを示す。申請者は、このような低粘性マグマの噴出がマグマ溜りの内容物を大量噴出させる引き金となり、カルデラ形成噴火開始の駆動力となったと考えた。本章の内容は5回の学会講演で発表されており、その一部は論文として公表された（増渕・石崎，2011）。平成20年10月の学会講演には日本地質学会優秀ポスター賞が授与され、増渕・石崎（2011）論文は平成24年9月に日本地質学会研究奨励賞の対象となった。以上の様に、本章で示されたデータと議論は、学界でも高く評価されている。

第6章は、総括として、沼沢火山の珪長質マグマの起源、各噴火で噴出した苦鉄質マグマと珪長質マグマの地球化学的關係、及び沼沢火山のマグマプロセスとマグマ蓄積率について、先行研究や他の火山との比較から検討した章である。地下の多様な場で発生したマグマが地殻中の浅所マグマ溜りに集積したことが、カルデラ形成噴火の原因になったと提言している。本章の内容の一部は、論文として公表された（増渕ほか，2016）。

本審査委員会は、以上の審査内容を総合的に判断した結果、申請論文は火山学、特に大規模噴火の準備過程と発生機構の研究において、学術的価値のある新知見を多数与えていると判断し、全員一致で申請者に対して博士（理学）の学位を授与するにふさわしいと判定した。

【引用論文】

- 増渕佳子・石崎泰男，2011，噴出物の構成物組成と本質物質の全岩及び鉱物組成から見た沼沢火山の BC3400 年カルデラ形成噴火（沼沢湖噴火）のマグマ供給系．地質学雑誌，第 117 巻，357-376.
- 増渕佳子・石崎泰男・白井智人・松本亜希子・宮坂瑞穂・中川光弘，2016，沼沢火山におけるマグマ供給系の長期的進化と BC3400 カルデラ形成噴火の準備過程．地質学雑誌，第 122 巻，533-550.