

# 論文内容要旨 (和文)

平成 24 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 大泉 涼



論 文 題 目 月山火山の形成史とマグマ供給系の変遷

月山火山は東北日本、山形県北西部の鶴岡市立西川町と羽黒町間に位置する第四紀成層火山である。東北日本の第四紀火山は、地質学的、岩石学的に4つの火山列、すなわち海溝側から青麻一恐火山列・脊梁火山列・森吉火山列・鳥海火山列に分帯されている。月山火山は、このうちの最も開港から離れた鳥海火山列の南部に属する。本火山の詳細な形成時期や活動に関しては、未だ不明な部分がある。本研究では、地形的解析、現地踏査、年代測定、偏光顕微鏡による岩石記載、全岩化学分析、鉱物化学分析の結果を基に、月山火山を形成した時期や岩石学的特徴の変遷の解明を試みた。東北日本の背弧側の成層火山は、現存する火山の数が少ないため事例報告が少ないため本研究による成果は貴重な事例報告となる。

溶岩微地形の保存状況の違いから、月山噴出物は形成時期の異なる3つの噴出物に分けられる。それらは月山下部溶岩類(GLL)、月山北部溶岩類(GUNL)および月山山頂溶岩類(GUSL)である。最も古いGLLは、月山の底部を構成する複数枚の溶岩と溶岩に伴う火砕岩からなる。月山山頂部を中心とする周囲500~600mの範囲に分布している。その上位のGUNLは、山頂北方から北側に向かって分布する複数枚の溶岩からなる。最上位のGUSLは、月山の山頂付近を構成する多数枚の溶岩からなる。月山山頂溶岩類はその分布と岩石学的特徴から、北部の月山山頂北部溶岩類(GUSL N)と月山山頂南部溶岩類(GUSL S)に細分される。

上記溶岩類の形成年代は、K-Ar年代測定より、GLL : 0.75~0.60Ma, GUNL : 0.60~0.55Ma, GUSL : 0.55~0.45Maと推定された。上記の年代および、各溶岩類の分布状況から、溶岩の噴出率は、GLL : 0.0004km<sup>3</sup>/千年, GUSL : 0.02km<sup>3</sup>/千年と推定された。この噴出率は日本の成層火山の平均的な値よりも低い。

月山火山の特徴のひとつとして山頂から北方に開く馬蹄形カルデラの存在が挙げられる。月山火山は、ほぼ南北方向に伸びている庄内平野東縁断層帯の南方の延長線上に存在しており、火山体の直下に断層が存在していることになる。GLLはその断層の東と西側両方に分布しているが東側の方が西側よりも標高が高いところに分布しており、その差は約300mである。GLLの形成年代は0.7Maと推定されたことから、この断層の運動によって約700万年間に東側が300m隆起したと考えられる。東側の相対的隆起速度は0.04cm/年と計算される。この値は、地震調査研究推進本部による庄

内平野東縁断層帯南部のずれの速度0.5m/千年(0.05cm/年)に近い値である。おそらく馬蹄形カルデラを形成した誘因は断層運動であったと考えられる。また、この断層の活動が将来的に別の崩壊を引き起こすことも考えられる。

対象にした全ての噴出物には、苦鉄質マグマが珪長質マグマに注入・急冷固結したと考えられる苦鉄質包有物が認められる。母岩は安山岩からデイサイト、苦鉄質包有物は玄武岩から玄武岩質安山岩である。斑晶としては母岩・包有物共に、plg, cpx, opxが常に含まれており、母岩にはhbl, qtz, olvが、苦鉄質包有物にはhbl, olvが含まれる場合がある。また、斑晶には溶融組織を持つものが多い。

GUNL, GUSLは中間カリウム-カルクアルカリ系列に属しているが、GLLのものは中間カリウム-ソレイト系列的な組成変化傾向を示すものも含む。各ユニットのSiO<sub>2</sub>量の範囲は母岩、苦鉄質包有物で、GLL: 57.8~61.5wt%, 51.1~54.5wt%, GUNL: 55.9~61.1wt%, 50.1~56.4wt%, GUSL: 56.0~62.1wt%, 49.7~57.4wt%である。各ユニットの噴出物はSiO<sub>2</sub>組成変化図上で概ね直線的なトレンド上に乗る。各ユニットは、いくつかの組成変化図でトレンドが異なっている。その傾向はCr-SiO<sub>2</sub>組図で顕著である。SiO<sub>2</sub>量とCr量が48%, 30.0ppmと64%, 6.0ppmを結ぶ線を境界に、それより高いところにプロットされる場合を高Cr, 低い場合を低Crタイプとすると、GLLは低Cr, GUNLとGUSLは高Crタイプである。なお、GUNLの最も古いGUNL1004のCr量は、母岩で30.2ppm, 苦鉄質包有物で85.6ppmと他よりも高い値を示す。

苦鉄質包有物が含まれることなどから全ての噴出物は高温マグマと低温マグマの混合によって形成されたと考えられる。噴出物中の主要斑晶鉱物組成を分析したところ、高温マグマ由来の斑晶の化学組成は、plg: An80~86, cpx: Mg#80~82, olv: Fo82~86, 低温マグマ由来の斑晶の化学組成はplg: An40~52, cpx: Mg#64~74, opx: Mg#64~70と求まった。また、上記2点とは異なる中間的な組成のものとしてplg: An80~86, cpx: Mg#76~80, olv: Fo72~76の斑晶組合せも確認された。GLLでは低温マグマ由来のMagnesio-hornblendeが確認された。

全岩、鉱物化学組成等を基に、高温、低温マグマの岩石学的特徴を推定した。高温マグマは、高Crタイプの場合はSiO<sub>2</sub>量48.5~49%, 約1100°C, 低Crの場合は、SiO<sub>2</sub>量50%, 約1050°C, 低温マグマは、高Cr, 低Crタイプ共にSiO<sub>2</sub>量62%程度, 約830~850°Cと求められた。高Cr高温マグマは低Cr高温マグマよりやや未分化なものである。

形成史に沿ってみると、GLLは低Cr, GUNLは高Cr, GUSLは主に高Crタイプ主体であるが、GUSL Sの下部に一部低Crタイプが認められる。なお、GUNLの初期にはCr量が特別高いものが認められる。以上より、GLLではより分化の進んだ高温マグマが活動し、その後に特別にCr量の高いマグマの活動を経て、GUNL・GUSLでは未分化マグマの活動が主体に移ったという変遷が明らかとなった。珪長質マグマ組成はあまり変化がなかったと考えられる。

# 論文内容要旨 (英文)

平成24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 大泉 涼



論文題目 Evolution history and temporal change of magma feeding system of Gassan volcano, NE Japan

Gassan volcano is one of representative Quaternary stratovolcanoes in rear arc side of the northeast Japan arc. The geologic and petrologic investigations were carried out in this study.

The eruption products are divided into three units: Gassan lower lavas, Gassan upper north lavas, and Gassan upper summit lavas in ascending order by geomorphologic and geologic features. All products are mostly composed of lavas.

Based on newly obtained K-Ar ages coupled with geologic data, the ages of Gassan lower lavas, Gassan upper north lavas, and Gassan upper summit lavas are estimated to be ca. 0.75 to ca. 0.6 Ma, ca. 0.60 to ca. 0.55 Ma, and ca. 0.55 to ca. 0.45 Ma, respectively. The estimated eruption rates are ca. 0.0004 km<sup>3</sup>/1000 years in Gassan lower lavas and ca. 0.02 km<sup>3</sup>/1000 years in Gassan upper summit lavas.

Rocks are mostly medium-K andesite. The mafic inclusions, observed in all units, are basalt to basaltic andesite. All rocks possess petrographic and mineralogic features suggesting magma mixing/mingling, and whole rock compositions of host rocks and mafic inclusions from a geologic unit show common trends in variation diagrams, which

suggest two (mafic and felsic) end-members mixing. The mixing trends can be classified to high-Cr type, observed in Gassan upper north lavas and Gassan upper summit lavas, and low-Cr type, observed in Gassan lower lavas. The differences of these two trends are distinct only in the basalt to andesite. The former is depicted in higher Cr, Ni, MgO and lower FeO, TiO<sub>2</sub> parts in variation diagrams. Silica contents of the mafic end-members of high- and low-Cr types are estimated to be ca. 48.5-49% and ca. 49.5%, respectively. On the other hand, the estimated felsic end-members have ca. 62% in SiO<sub>2</sub> for all geologic units. The fractional crystallization of high-Cr type mafic end-member can explain the trace element compositions of the low-Cr type mafic end-member.

Along with the stratigraphy, the low-Cr type mafic magma was active in the early part of the Gassan activity. Whereas, the high-Cr mafic magma was active in the later activity. The felsic end-member magma would be long-lived over whole activity of Gassan volcano. The high-Cr type mafic magma would differentiate to the low-Cr one at depth before the magma mixed with the felsic magma. In contrast, the high-Cr type mafic magma directly injected to the crustal felsic magma chamber and mixed with the felsic end-member.

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 ..... 横山 潤

副査 ..... 岩田 尚能

副査 .....



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 大泉 涼
論文題目	月山火山の形成史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、地質学及び岩石学的研究によって、東北日本背弧側に産する月山火山の形成史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。これまで統一の結果が得られていなかった月山火山の形成史について年代軸を基準として解明し火山発達史的観点から考察すること、及び形成史に沿ったマグマ供給系の変遷を解明することとされている。第2、3章では地形的及び地質学的な観察結果を基に、3つの地質ユニットに分類された噴出物についての特徴が詳しく記載されている。第4章ではその後の章で示される分析の種類と用いられる試料について述べられている。第5～9章では試料の年代測定、岩石記載、全岩化学組成分析、鉱物化学組成分析、希土類元素組成分析の方法と結果が何れも適切に述べられている。3つの地質ユニットに分類された噴出物について、各々年代値が異なり、また記載岩石学的特徴及び各種化学分析によって得られた特徴も各々異なることが記載されている。第10章では得られたデータを基に、月山火山の形成史やマグマ供給系の変遷について専門的見地から十分に考察がなされている。3つの地質ユニットを形成した3つの活動期の活動年代が推定され、各活動期で形成された山体の火山のタイプが異なり、発達に伴いマグマの粘性が増加する傾向であったこと、また、月山火山は噴火活動が終了した後に山体の崩壊が起こっているが、それが月山火山直下に走る断層活動によって引き起こされた可能性が高いことも推論されている。噴火をもたらしたマグマ供給系についても3つの活動期で異なっていたこと、特に深部由来のマグマの性質が変化したことが解明された。

本研究結果の主要部分である月山火山の形成史に関しては査読付き英文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、本研究結果の全容について国内学会で発表し、当該分野の専門性の高い重要な基盤的研究との評価を得ている。本論文で得られた結果は、東北日本背弧側の数少ない成層火山の形成史及びマグマ供給系の変遷を解明した点で、同地域及び他地域の火山の形成史やマグマ供給系の変遷を研究する上で新たな貴重な情報を提供することとなる。また、月山火山の崩壊現象の誘因が断層運動であることを、説得力のある根拠を基に示した成果は特筆される。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。