

# 共同研究成果報告書

## カルデラ噴火及び非カルデラ噴火の比較研究

原子力規制委員会 原子力規制庁

国立大学法人東北大学大学院理学研究科

国立大学法人東北大学東北アジア研究センター

令和5年4月

## 1. 研究目的

本研究では、カルデラ噴火と非カルデラ噴火を繰り返し生じている火山における長期的な活動評価の手法の拡充を図るため、過去のカルデラ噴火と非カルデラ噴火におけるマグマの性状及びマグマ溜まりの状態を比較し、両者の違いを明らかにするとともに、現状のマグマ溜まりの状態を推定し、火山活動の現状評価に資するカルデラ噴火の準備過程に関する知見を得る。

## 2. 研究内容

過去に3回のカルデラ噴火を生じており、また有史日本における最大規模の噴火を起こしている十和田火山をケーススタディとして、特に規模の大きい2回のカルデラ噴火と8回の非カルデラ噴火のマグマの性状及びマグマ溜まりの状態を把握するための岩石学的な調査を行う。くわえて、マグマの性状の違いと火山活動の違いを比較し、両者の噴火形態の違いとなる岩石学的要因について検討する。

## 3. 実施方法

本研究では、十和田火山の火山噴出物（特に噴火エピソード A、B、C、D、E、F、G、L、M 及び N）について以下の調査・分析を行い、各噴火エピソードにおけるマグマの性状とマグマ溜まりの状態を詳細に検討した。得られた結果を基にカルデラ噴火と非カルデラ噴火の違いを生じる岩石学的要因を比較検討するとともに、カルデラ噴火から最新の非カルデラ噴火までの一連のマグマ特性の変遷を明らかにし、最新の噴火活動から現在の状況を推定した。

### （1）文献調査

先行研究の文献調査を基に、各噴火の噴火様式及び火山噴出物の分布、噴出量、噴火推移等の地質情報を整理した。記載内容の確認及び補足のための現地調査を行った。

### （2）岩石学的分析調査

各噴火エピソードにおけるマグマの性状とマグマ溜まりの状態を検討するために、各噴火エピソードにおける火山噴出物に対する詳細な岩石学的分析調査を行った。特にマグマ溜まりの状態を把握する上で重要な4つのパラメータ（化学組成、含水量、温度及び圧力）を、XRF（蛍光 X 線分析装置：X-ray Fluorescence）を用いた全岩化学組成分析、EPMA（電子線マイクロアナライザ：Electron Probe Micro Analyzer）を用いた各種鉱物及び火山ガラスの化学組成分析、（3）で後述する全真空顕微 FT-IR（フーリエ変換赤外分光光度計：Fourier Transform InfraRed Spectroscopy）を用いたマグマ含水量の測定並びに熱力学計算ソフト MELTS を用いた温度及び圧力の解析を行うことによって詳細に検討した。得られたデータを基にマグマ供給系、マグマの進化過程、マグマ溜まりの存在条件等のマグマの性状及びマグマ溜まりの状態について検討し、噴火エピソードごとに整理した。

### （3）含水量測定方法の検討

前述の4つのパラメータのうち、データの評価が最も難しい含水量について定量的な評価を行うための分析条件を検討した。特に、得られた値が正確にマグマ溜まり中の含水量を保持していることを評価するための試料の選定と、それを可能にするための測定点数を確保するために既存のIR（赤外分光分析：Infrared spectroscopy）透過法より試料調製が簡便なIR反射法を用いて確度の高い分析結果を得るための分析条件の検討に重点を置いた。

#### （4）比較検討

上記の（1）～（3）の検討結果を基に、カルデラ噴火と非カルデラ噴火の岩石学的要因の違い及びカルデラ噴火の準備過程に関する知見を整理した。特に、2回のカルデラ噴火について両者のマグマの成因と蓄積過程の観点からカルデラ噴火が繰り返し生じるための要因について、また非カルデラ噴火についてマグマ溜まりとマグマの進化、マグマ蓄積過程の観点から現状十和田火山の地下に存在するマグマ溜まりの状態を推定した。両者の比較から、現状推定される十和田火山のマグマ溜まりがどの程度カルデラ噴火を生じるマグマ溜まりの条件を満たしているか検討した。

#### 4. 研究実施分担

項目	原子力規制庁	東北大学大学院理学研究科	東北大学東北アジア研究センター
(1) 文献調査	◎	○	○
(2) 岩石学的分析調査	◎	○	◎
(3) 含水量測定方法の検討	◎	◎	○
(4) 比較検討	◎	○	○

#### 5. 共同研究参加者

氏名	所属部局・職名	本研究における役割
安池由幸	原子力規制庁技術基盤グループ地震・津波研究部門 専門職	研究の統括
廣井良美 佐藤勇輝	同 技術研究調査官 同 技術研究調査官	文献調査、各種分析、MELTSによる熱力学計算
鈴木昭夫	東北大学大学院理学研究科地学専攻 准教授	研究の統括、IRによる含水量測定法の確立・分析
栗林貴弘 長瀬敏郎 伊藤嘉紀	同 准教授 東北大学学術資源公開研究センター 准教授 東北大学総合技術部 技術専門員	EPMAによる鉱物の分析 各種機器の調整・管理、分析試料の調整
宮本 毅	東北大学東北アジア研究センター 助教	研究の統括、XRF及びEPMAによる岩石の分析

## 6. 研究実施工程

項目	年度		令和元年度		令和2年度		令和3年度	
	上期	下期	上期	下期	上期	下期	上期	下期
(1) 文献調査								
① 先行研究の文献調査			■					
② 現地調査								
(2) 火山噴出物の岩石学的分析調査								
① 各種分析			■					
② 熱力学計算							■	
(3) 火山噴出物の含水量測定方法の検討								
① 既存の手法の問題点と改善策の検討			■					
② 顕微 FT-IR の導入			■					
③ 含水量測定法の確立					■			
(4) 比較検討							■	

## 7. 成果概要

十和田火山における過去約4万年間の活動に伴う火山噴出物に対し、詳細な岩石学的検討を行った。

従来十和田火山のカルデラ形成期(約61,000~15,500年前)におけるマグマシステムは単一のもので安定して存在していたと考えられてきたが、本研究の結果カルデラ形成期の2回のカルデラ形成噴火である噴火エピソードN(約36,000年前)及びL(約15,500年前)の火山噴出物について明瞭な組成差が認められ、両者が別個のマグマシステムにより生じた噴火であり、両噴火の間にマグマ溜まりにおけるマグマの入れ替わりが生じていたことが明らかになった。

そこで、噴火エピソードNとLの間に発生した中規模噴火である噴火エピソードM(約21,200年前)に加え、噴火エピソードMとLの間に発生した小規模噴火である噴火エピソードM'(約17,200年前)の火山噴出物について岩石学的に検討したところ、噴火エピソードMは噴火エピソードNの出残りマグマを噴出した噴火であること、噴火エピソードM'は噴火エピソードLの主体となるマグマと同一起源であることが明らかになった。これにより、噴火エピソードNとLの間に生じたマグマの入れ替わりは噴火エピソードMとM'の間の1度だけであったことが分かった。

従来カルデラ形成噴火エピソードNとLの間の時間間隙が約2万年間存在することから、噴火エピソードLのマグマ蓄積に要する時間も同程度であるとみなされてきた。しかし、噴火エピソードLのマグマの蓄積が開始したのは少なくとも噴火エピソードM以降であることが明らかになったことから、噴火エピソードLのマグマの蓄積に要した時間は長くと噴火エピソードM終了から噴火エピソードL開始までの約5,700年、短ければ噴火

エピソード M'開始直前から噴火エピソード L 開始までの約 1,700 年程度であることが推定された。

一方、後カルデラ期（約 15,500 年前以降）のマグマプロセスについては、従来火山噴出物の組成が約 15,500 年の間に苦鉄質から珪長質へと徐々に変化していく傾向が認められていた。本研究においても同様の傾向は確認できたが、調査を行った 7 回の噴火エピソードにおける火山噴出物（A, B, C, D, E, F 及び G）はそれぞれ別個のマグマ特性を有し、共通するマグマは存在しなかった。このことからカルデラ形成期とは異なり後カルデラ期には活発なマグマ供給に対し大量のマグマを蓄積できるマグマ溜まりの形成が困難であり、中小規模噴火を繰り返している状態となっていることが推察された。また後カルデラ期の大半の噴火エピソードではカルデラ形成期には見られなかった非常に特異的で複雑なマグマ特性を有していることが明らかになった。

## 8. 公表成果一覧

佐藤勇輝、広井良美、宮本毅、「十和田火山におけるマグマ活動史：その 1 カルデラ形成期の岩石学的検討」、日本火山学会 2020 年秋季大会講演予稿集、pp.51、令和 2 年

広井良美、佐藤勇輝、宮本毅、「十和田火山におけるマグマ活動史：その 2 カルデラ形成期中規模噴火」、日本火山学会 2020 年秋季大会講演予稿集、pp.52、令和 2 年

佐藤勇輝、広井良美、宮本毅、「十和田火山におけるマグマ活動史：その 3 カルデラ形成期におけるマグマ溜まりの発達」、日本火山学会 2021 年秋季大会講演予稿集、pp.72、令和 3 年

広井良美、佐藤勇輝、宮本毅、「十和田火山におけるマグマ活動史：その 4 カルデラ形成噴火と先駆的小規模噴火」、日本火山学会 2021 年秋季大会講演予稿集、pp.73、令和 3 年