

共同研究成果報告書

大規模噴火現象の時間進展プロセスに関する研究

原子力規制委員会 原子力規制庁

国立大学法人茨城大学

国立研究開発法人海洋研究開発機構

令和6年12月

1. 研究目的

本研究では、カルデラ火山の過去の長期的な活動史及びその活動プロセスを評価するための手法の拡充を図るため、大規模噴火の発生時における多様な噴火現象をボーリングコア等の観察に基づいて理解したうえで古地磁気学的手法、年代測定等を適用し、噴火事象の発生のタイミング及びその進展プロセスの時間スケールを推定する。これらのデータを基に、火山活動の現状評価に資するカルデラ形成又は大規模噴火に関連する多様な噴火現象の時間進展プロセスに関する知見を得る。

2. 研究内容

過去に複数回の大規模噴火を生じているカルデラ火山のうち、10回以上の大規模噴火イベントが既往文献に記載されている阿寒カルデラ及び新たに採取する海底コアに多くの噴火イベントが記録されていることが期待される鬼界カルデラをケーススタディとして、先カルデラ期から後カルデラ期までの活動変遷及びマグマ溜まりの化学組成の時間的变化を把握するための地質学的及び岩石学的調査を行う。具体的には、野外露頭又はボーリングコアから得られた火砕物及び溶岩を対象に調査を行う。そのうえで、一連の噴火活動の発生のタイミング及びその進展プロセスの時間スケールを検討する。

3. 実施方法

3.1 カルデラ火山の地質学的調査

(1) 阿寒カルデラを対象とした地質学的調査（陸上調査）

原子力規制庁（以下「規制庁」という。）が「令和2年度大規模噴火現象の時間進展プロセスの検討に係るボーリング調査」事業によって取得した定方位ボーリングによるコア試料について、各噴火の噴火様式、噴火推移等の活動変遷に関する地質学的情報をコア試料中の火砕物の観察に基づいて整理した。また、コア試料に関する補足のための現地調査を行った。

(2) 鬼界カルデラを対象とした地質学的調査（海域調査）

国立研究開発法人海洋研究開発機構（以下「JAMSTEC」という。）が実施する海域火山活動把握のための観測航海において BMS（海底設置型掘削装置：Boring Machine System）等による試料採取を実施した。海底コア中の火砕物及び溶岩を観察・記載し、各噴火の噴火様式、噴火推移等の活動変遷に関する地質学的情報を整理した。

3.2 噴出物の岩石学的分析調査

(1) 阿寒カルデラ起源の噴出物の岩石学的分析調査

各噴出物（火砕物）のマグマの性状を把握するうえで基礎となるパラメータ（化学組成）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・火山ガラス

化学組成分析等を行うことによって求めた。

(2)鬼界カルデラ起源の噴出物の岩石学的分析調査

各噴出物（火砕物及び溶岩）のマグマの性状を把握するうえで基礎となるパラメータ（化学組成）を、XRFを用いた全岩化学組成分析、EPMAを用いた各種鉱物・火山ガラス化学組成分析等を行うことによって求めた。

3.3 噴火イベントの継続時間及び年代決定に資する測定調査

(1)残留磁化方位測定の実施

3.1 で得られた地質学的情報を基に、各噴火事象の発生間隔及び一連の噴火事象の継続時間を明らかにするために、古地磁気学的手法を用いて相対的な時間スケールの見積りを行った。特に噴火・堆積当時の古地磁気方位を把握するうえで磁化獲得プロセスが明確な熱残留磁化を熱消磁装置、スピナー型磁力計等を用いて重点的に測定した。熱消磁分析に適さない試料については交流消磁装置を用いた残留磁化測定を行った。統計学的手法を用いて初生磁化方位を評価するため、熱消磁分析と交流消磁分析の結果の区別がつかない層準については、交流消磁分析を採用して測定数の拡充を図った。また、比較対象として、地質学的情報が多い始良カルデラの噴出物についても、残留磁化方位測定を行い、相対的な時間スケールの見積りを行った。

(2)年代測定の実施

基準となり得る層準に対して具体的な数値年代を得るため、年代測定が可能な噴出物に対して最適な年代測定分析を実施した。

3.4 大規模噴火現象の時間進展プロセスに関する検討

上記の 3.1～3.3 の検討結果を基に、一連の噴火活動の発生のタイミング及びその進展プロセスに関する知見を整理した。特に、カルデラ形成噴火の継続時間については、噴火のタイミング及びその発生間隔に関する具体的な時間スケールを推定した。

4. 研究実施分担

項目	原子力規制庁	茨城大学	JAMSTEC
3.1 カルデラ火山の地質学的調査	◎	◎	◎
3.2 噴出物の岩石学的分析調査	◎	◎	◎
3.3 噴火イベントの継続時間及び年代決定に資する測定調査	◎	◎	○
3.4 大規模噴火現象の時間進展プロセスに関する検討	◎	◎	◎

◎：主実施者、○：実施者

5. 共同研究参加者

氏名	所属部局・職名	本研究における主な役割
西来邦章	原子力規制庁技術基盤グループ地震・津波研究部門 主任技術研究調査官	研究の統括、地質学的調査及び磁化方位分析
佐藤勇輝	同 技術研究調査官	各種岩石学的分析及び磁化方位分析
長谷川健	茨城大学理学部地球環境科学コース 准教授	研究の統括、地質学的調査及び各種岩石学的分析
岡田 誠	同 教授	超電導岩石磁力計による磁化方位分析及び岩石磁気分析
大坂 泉	理工学研究科地球環境科学コース 博士前期課程 大学院生	コア記載・地質学的調査・各種岩石学及び古地磁気学的分析
柴田 翔平	理工学研究科複雑系システム専攻 博士後期課程 大学院生	コア記載・地質学的調査
中島 秀	理学部地球環境科学コース 学部生	コア記載・地質学的調査
平塚 葵	理学部地球環境科学コース 学部生	コア記載・岩石学的分析
小野重明	海洋研究開発機構海域地震火山研究部門 上席研究員	研究の統括
羽生 毅	同 主任研究員	船舶を用いた海域調査及び各種岩石学的分析
白井洋一	同 研究員	パススルー磁力計による磁化方位分析

6. 研究实施工程

[illegible]

3.2 (1)阿寒カルデラ起源の噴出物の 岩石学的分析調査												
① 全岩・鉱物化学組成分析												
3.2 (2)鬼界カルデラ起源の噴出物の 岩石学的分析調査												
① 全岩・鉱物化学組成分析												
3.3 (1)残留磁化方位測定の実施												
① 試料採取												
② 古地磁気方位測定・磁化方位検討												
3.3 (2)年代測定の実施												
3.4 大規模噴火現象の時間進展プロ セスに関する検討												

7. 成果概要

本共同研究では、火山活動の現状評価に資するカルデラ形成又は大規模噴火に関連する多様な噴火現象の時間進展プロセスに関する知見を得るため、過去に 10 回以上の大規模噴火イベントを生じている阿寒カルデラ及び海底コアに多くの噴火イベントが記録されていることが期待される鬼界カルデラをケーススタディとして、先カルデラ期から後カルデラ期までの活動変遷及びマグマ溜まりの化学組成の時間的変化を把握するための地質学的及び岩石学的調査を行った。そして、得られたデータを基に、一連の噴火活動の発生のタイミング及びその進展プロセスの時間スケールを考察した。実施した手順及び得られた知見は以下のとおりである。

一連の噴火活動の発生のタイミング及びその進展プロセスの時間スケールの検討については、古地磁気学的手法を採用した。古地磁気学的手法は、数値年代自体を求める方法ではないが、地球磁場の変動（地磁気の永年変化）を利用して平均的な地磁気の永年変化の速度とイベント間の磁化方位差の関係より噴火イベント間の時間間隙を推定する手法である。具体的な手順としては、はじめに噴火イベントに対応する火砕物について、定方位での試料採取を行った。そして、各定方位試料に対して再磁化の影響を除去する及び安定した磁化成分を得るために段階熱消磁実験及び段階交流消磁実験を行った。各消磁実験の結果を基に、ザイダーベルト図^(注1)において原点に収束する残留磁化成分を“特徴的な残留磁化成分”と判断し、それが示す方位を噴出時に獲得した磁化方位（初生磁化方位）としてとりまとめた。

(注1) 3次元ベクトルで表される磁化成分を2次元のグラフで表現する図。磁化成分を鉛直成分と水平成分に分解し、鉛直面への投影は白丸（中抜き）でプロットし、水平面へ投影した成分は黒丸でプロットしたうえで、水平面を90度回転させて鉛直面と重ね合わせて作成する。

古地磁気学的手法による考察を行った結果、阿寒カルデラでは、同カルデラの噴火史上、最大のイベントで大規模火砕流を伴う Ak2 噴火イベント (VEI^(注2)7) は、大規模な火砕流と、その直下にある降下火砕物の間に古地磁気学的手法において判別可能な時間スケール (少なくとも数十年以上) の時間間隙があることを見出した。化学組成分析により、両噴出物は同一のマグマ溜まり起源であると認められることから、野外で観察される噴出物の産出状況を踏まえて考察すると、大規模な火砕流を発生させた主要なマグマは、それが発生した少なくとも数十年以上前に小規模な噴火として地表に噴出していたと考えられる。

また、降下火砕物が主である Ak8 噴火イベント (Total で VEI5) の中に、松山ーブルン地磁気逆転境界が存在しており、汎世界的にこの境界年代は知られていることから、Ak8 イベントの噴出時期が特定できたとともに、その噴火現象の継続・進展の時間スケールは、Ak2 噴火イベントと異なり、数千〜1万年程度と見積もられた。

さらに、比較した始良カルデラでは、入戸噴火 (VEI8) は、古地磁気学的手法においても判別不可能な短期 (数十年以下) の時間スケールで噴火現象が継続・進展している一方、岩戸噴火 (VEI6) は、古地磁気学的手法によって十分に判別できる結果が得られ、同じカルデラにおいても噴火継続・進展としてバリエーションがあることが本研究においても確認できた。

一方、鬼界カルデラについては、航海調査において、期待していたアカホヤ噴火の海底コア試料が採取できなかったが、同航海において採取したカルデラ縁の岩石試料に対して、岩石磁気学的手法である帯磁率異方性測定等を実施し、海底でのマグマの流動現象の復元を試みた。

カルデラ縁で採取した岩石試料は、音波探査で貫入岩体と解釈されていたものに相当すると考えられ、コア観察とともに、固結前の流体 (マグマ) が流れた方向を示すとされる帯磁率異方性を測定した。コア観察結果及び帯磁率異方性の最大帯磁率方向が鉛直方向ではなく、水平方向に卓越した結果を併せて解釈すると、採取した岩石試料は、カルデラ形成噴火の以前に海底を流れた溶岩流であると推定され、鬼界カルデラの火山活動史の解明に資するデータを取得することができた。

8. 公表成果一覧

- 1 Nishiki, K., Sato, Y., Osaka, I., Hasegawa, T., Okada, M., "Investigation of volcano-stratigraphy of core samples from oriented drilling at the southeastern part of Akan caldera, eastern Hokkaido, Japan", Japan Geoscience Union Meeting 2022, SVC29-P01, 2022.
- 2 田中聡、羽生毅、藤江剛、山本揚二郎、小平秀一、宮崎隆、白井洋一、上木賢太、Tejada,

(注2) VEI (Volcanic Explosivity Index) ; 火山爆発指数。火山の爆発規模の大きさを示す区分で、VEI の値が 1 上がるごとに、噴出物の量は 10 倍になる。VEI7 の火砕物の量は 100〜1000 km³。

M.L.G.、宮町宏樹、佐藤勇輝、島伸和、鈴木桂子、金子克哉、松野哲男、清杉孝司、中岡礼奈、大塚宏徳、清水賢、荒木将允、長屋暁大、小畑拓実、ならびに課題提案者一同、
「鬼界海底カルデラの総合調査」、海と地球のシンポジウム 2022、6-1、令和 4 年

- 3 長谷川健、楠稚枝、岡田誠、平塚葵、西来邦章、佐藤勇輝、「北海道東部、阿寒カルデラ噴出物ボーリングコア中に認められた Matuyama-Brunhes 逆転境界」、日本地球惑星科学連合 2023 年大会、SGL22-P12、令和 5 年
- 4 羽生毅、宮崎隆、Tejada, M.L.G.、島伸和、金子克哉、中岡礼奈、清杉孝司、鈴木桂子、西来邦章、佐藤勇輝、「鬼界カルデラの海底カルデラ壁における掘削」、日本火山学会 2023 年秋季大会講演予稿集、B1-16、令和 5 年