

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年6月11日現在

機関番号：11501

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22540487

研究課題名（和文） 島弧安山岩質火山のマグマ溜り進化の高精度解析—蔵王山過去2千年間の例—

研究課題名（英文） High resolution analysis of evolution of magma chambers in island arc andesitic volcano - an example of Zao volcano past 2,000 years -

研究代表者

伴 雅雄 (BAN MASAO)

山形大学・理学部・教授

研究者番号：50208724

研究成果の概要（和文）：マグマ溜りの進化過程の解明は火成岩岩石学の重要なテーマの一つとして多くの研究が行われてきた。一方、最近噴火した火山下のマグマ溜りについては、研究が活発に行われ、その深度・構成・噴火プロセスが精度良く推定されるようになってきた。本研究ではこのような状況の下、活火山について、最近の噴火のみならず過去の噴火を精度良く解析し、各噴火の噴出物を岩石学的に詳しく研究することにより、そのマグマ溜りの短期的および中長期的進化を、これまでの研究以上に高精度に明らかにすることを目的とし、対象としては島弧安山岩質火山の代表である、蔵王山について研究を行った。

研究成果の概要（英文）：Revealing the evolution of magma chamber is one of the main subjects in the field of igneous petrology. Advance of petrologic technique allows us to solve this subject with a high resolution. Detailed petrologic studies on recent eruption events of volcanoes have revealed that the feeding system beneath island arc volcanoes fundamentally comprises shallower felsic and deeper mafic magma chamber. Sometimes, eruptions are triggered by the injection of mafic magmas into shallower chambers. Detailed studies of single or series of eruptive events have revealed there are several patterns of the chamber processes that result from the injections. The magma evolution course in the past ca. 2,000 years in Zao volcano, NE Japan was examined in this study. The results is also important in predicting future eruptions.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	2,200,000	660,000	2,860,000
2011年度	800,000	240,000	1,040,000
2012年度	500,000	150,000	650,000
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：地球惑星科学・岩石・鉱物・鉱床学

キーワード：マグマ・火成岩

1. 研究開始当初の背景

噴火の源はマグマである。従って、マグマ溜りの短期・中長期進化の解明は、岩石学の主要なテーマのひとつであるばかりでなく、

噴火予知にとっても本質的に重要であるのは研究当初も現在も変わらない。

噴出物からマグマ溜りを読み解く岩石学的研究は格段に進歩し、最近の噴火、特にこ

の10年間ほどのものについては、噴火をもたらしたマグマ溜りの種類・深度・温度・固結度やその噴火に至るプロセスが精度良く推定されるようになってきていた。それらによれば、多くの場合、浅部 (<5km) の安山岩～デイサイト質マグマ溜りに深部から苦鉄質マグマが注入することによって噴火が引き起こされたと推定されてきていた。この場合、前者は半分程度固化しており(かゆ状)、後者の注入によりその一部が流動的になり、両者が不十分に混合したものが噴出している。浅部マグマ溜りがより珪長質な場合は両マグマの間に境界層が形成される場合も推定されていた。

それでは、上記のような最近の研究で明らかになったマグマ溜りに関する諸量や混合過程はどのように進化していくのであろうか？短期的進化については、噴火中の火山や過去の一連の噴出物から連続的に採取された噴出物の解析によって明らかに出来る可能性がある。実際、短期的変化が顕著に見られる爆発的噴火を起こしたデイサイト質火山(ベスピオ山など)や、定常的に噴火を起こしている玄武岩質火山(ストロンボリ、など)についてはそれが検討されている。しかし安山岩質火山の場合、噴出物の短期的変化は少なく、マグマ溜りの進化を高精度に解析した例は殆どない。安山岩質火山で特徴付けられる島弧の代表といわれる東北日本では皆無である。また、過去に遡って高精度の噴火史が構築されている場合は、中長期的な進化も明らかに出来る可能性がある。安山岩質マグマを噴出している火山でも、中長期(数百～数千年以上)に渡る噴出物の詳しい解析によって、その特徴に系統的な変化が認められた研究例は少ないながらも存在する(コリマ山など)。

申請代表者は長らく東北日本中南部の火山の岩石学的研究を続け、多くの火山下のマグマ溜りの定置深度・温度・組成・固結度・混合過程について明らかにしてきた。研究をさらに発展させ、マグマ溜りの進化(上記諸量およびプロセスの時間変化)を高精度に明らかにすれば、世界の火山研究に与える影響は大であり、またその結果が噴火予知にも有効に利用されると考えられた。

2. 研究の目的

島弧安山岩質火山の代表として蔵王山の過去約2千年間の噴火を対象にし、マグマだまり進化を高精度に明らかにすることを目的とした。

蔵王山は、申請者の先行研究により、約2千年前に始まった最新活動期の噴火史が明らかになってきた。一連の噴火を1回と数えると、現在の位置に火口移った13世紀以降に5回のマグマ噴火が認められている。それ

以前は大きく2つの噴火活発時期が認められているが詳細は明らかではない。本研究では、13世紀以降の噴火については各噴火の噴火推移を高精度に求め、それ以前のものについては噴火の回数や各噴火の推移を明らかにする。その結果を基に系統的な試料採取を行う。各噴火の噴出物の対比および年代決定に、新たに古地磁気年代測定を導入する。

蔵王山の最新活動期の岩石学的データの概要は得られている。ここでは、高精度噴火史に基づき新たに採取した試料について、全岩化学組成、鉱物化学組成を精度良く分析し、合わせて斑晶組成累帯や溶融組織に注目した岩石組織解析を綿密に行う。

蔵王の最新期のマグマ溜りの大枠として、浅部地殻内低温マグマ溜りが推定され、噴出時には深部から高温マグマが上昇・貫入・混合し、噴出に至るとされている。本研究では高精度噴火史に基づく試料の岩石学的データを基に、浅部マグマ溜りの温度-圧力条件・固化度および組成の時間変化を明らかにし、また深部マグマの性質の変化を厳密に捉え、さらに両マグマの混合比や混合プロセスの時間変化を精密に検出する。以上で得られた結果を基にマグマ溜りの進化を明らかにする。その際、1回の噴火の中のマグマ溜りの進化のみならず、噴火休止中におけるマグマ溜りの変化および、最新活動期全体を通したマグマ溜りの進化にも注目する。最終的には、島弧安山岩質活火山のマグマ溜り進化モデルを構築し、それらを基に噴火シナリオを立てる。

3. 研究の方法

(1) 古地磁気年代測定を含む噴火史の精密化および系統的試料採取
①噴火史の精密化および系統的試料採取、②古地磁気年代測定

(2) 高精度全岩および鉱物化学組成分析、岩石組織解析。

(3) マグマ溜り進化の高精度解析を進め、上記を進め、最終的には、島弧安山岩質活火山のマグマ溜り進化モデルの構築・噴火予測を行う。

4. 研究成果

(1) 試料の採取

①岩石試料: 13世紀以降の6回の噴火に対応する噴出物を精査し、噴火の時期と規模を高精度に明らかにした。特に火口近傍の噴出物を詳しく観察し、6回の噴火に対応する試料の系統的採取を行った。同時に、各噴火の推移に即した試料の系統的採取を行った。13以前の噴出物についても噴火史調査と試料採取を系統的に行った。

②古地磁気年代用試料: 13世紀以降の6回の噴火による噴出物のうち、火口近傍に分布する火砕岩と、火口から離れた場所に堆積した火山灰層から合計約100試料を採取した。また、13世紀以前の噴出物についても約30試料を採取した。そのうち約90試料について古地磁気の方角と磁力の測定を行い、その結果を、日本で得られている過去2千年間の地磁気の方角と磁力の変遷と比較し、各層準の年代決定を行った。得られた年代を火山灰層序学的に推定した年代とクロスチェックした。

(2)高精度全岩および鉱物化学組成分析、岩石組織解析

①溜り内のマグマの種類・配置・温度-圧力条件・マグマの混合-上昇過程を明らかにするために、噴出物の鏡下の観察・全岩化学組成・鉱物化学組成の系統的な分析を行った。13世紀以前の噴出物については代表的な試料について行った。

②13世紀以前と以降の噴出物の同位体比分析結果をこれまでの調査によって得られた結果と比較検討した。

(3)マグマ溜り進化の高精度解析

得られた分析データを岩石学的に解析した結果、13世紀以降については、蔵王火山の地下浅部には半固結状態のマグマ溜まりが定常的に存在し、噴火の際により深部からのマグマが上昇し、浅部マグマ溜りを活性化させ、両者が混合・噴火したと推定された。混合における深部マグマの比率は噴火の初期から後期にかけて高くなる傾向が認められた。また、深部からのマグマの性質は噴火毎にやや異なることも明らかとなった。また、(A)浅部マグマ溜りの温度-圧力条件・固化度および組成の時間変化、(B)深部マグマの混合比や浅部マグマ溜り内での混合プロセス、(C)深部マグマの性質の変化を、蔵王山の13世紀以降の6回の噴火について得られたデータを基に考察を行った。得られた結果を基に蔵王火山の特に13世紀以降の噴火について、マグマ溜り進化モデルの構築をおこなった。それを基に噴火予測を試みた。

(4)本研究で得られた結果は、多くの安山岩質火山のマグマ溜り進化の解明に適用されることが期待され、波及効果は大きいと考えられる。また蔵王火山に関しては、噴火に備えた防災対策が検討され始めており、本研究で得られた成果は、噴火防災の理学的基礎となる噴火史シナリオに関して欠かせない情報を提供することとなる。

今後は本研究を進展させ、各噴火における噴火推移とそれに伴うマグマ進化過程を

より高精度に明らかにするところが必要と思われる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計12件)

- ① Miura, K., Ban, M., Ohba, T., Fujinawa, A. Sequence of the 1895 eruption of the Zao volcano, Tohoku Japan, Journal of Volcanology and Geothermal Research, 査読有, Vol. 247-248, 2012, 139-157.
- ② 大場 司・林 信太郎・伴 雅雄・近藤 梓・葛巻 貴大・鈴木 真悟・古木 久美子、最近4500年間の鳥海火山の噴火活動—湿原堆積物に保存された火山灰層の解析—、火山、査読有、57, 2012, 65-76.
- ③ Umeda, K., Ban, M., Hayashi, S., Kusano, T. Tectonic shortening and coeval volcanism during the Quaternary, NE Japan arc, Journal of Earth System Science, 査読有, Vol. 122, 2013, 1-11.
- ④ Ban, M., Hirotsu, S., Ishizuka, O., Iwata, N., Petrologic study of explosive pyroclastic eruption stage in Shirataka volcano, NE Japan: Synchronized eruption of multiple magma chambers, In: Al-Juboury A.I. (ed.) Petrology - New Perspectives and Applications: InTech - Open Access Publisher, 査読有, 2012, 57-72.
- ⑤ Umeda, K., Ban, M., Quaternary Volcanism Along the Volcanic Front in Northeast Japan, In: Stoppa, F. (ed.) Updates in Volcanology - A Comprehensive Approach to Volcanological Problems: InTech - Open Access Publisher, 査読有, 2012, 53-70.
- ⑥ 伴 雅雄、活火山のマグマ供給系進化に関する岩石学的研究の進展—噴出物の高分解時間変化からの知見—、地質学雑誌、査読有、Vol. 117、2011、310-328.
JOI: JST.JSTAGE/geosoc/117.310
- ⑦ 及川 輝樹・星野 安治・山田 和芳・伴 雅雄・奥野 充、火山噴火を高時間分解能に記録するもの—年輪、年縞、腐植土壌—、地質学雑誌、査読有、Vol. 117、2011、XIII-XIV.
- ⑧ 早田 勉、出穂 雅実、八木 浩司、伴 雅雄、大雪御鉢平テフラ (Ds-0h)

の分布に関する新資料とその意義、東京大学常呂実習施設研究報告、査読無、2011、75-86.

- ⑨ 伴 雅雄、日本の活火山 (15) 蔵王山、査読無、砂防と治水、Vo. 44、2011、81-82.
- ⑩ Ban, M., Origin of Quaternary low-K basalts in rear arc side of NE Japan, In: West, J. P. (ed.) Basalt: Types, Petrology and Uses. New York: Nova Science Publishers, Inc., 査読有、2011、105-123.
- ⑪ Takebe, Y. and Ban, M., Temporal change of geologic features in the pyroclastic surge dominated deposits of the Komakusadaira pyroclastics in Zao volcano, NE Japan, International Journal of Geology, 査読有, Vol. 5, 2011, 1-11.
- ⑫ Ban, M., The trachytic magmatic inclusions in lavas from the Changbaishan Tianchi volcano, Earth Monograph Series of Center for Northeast Asian Studies, Tohoku University, 査読有(編集者), 2010, 95-102.

[学会発表] (計26件)

- ① 伴 雅雄、他、島弧縦断方向のマグマ組成からみたマントル-地殻の物質像解明の研究進行状況2012、JAMSTEC 比較沈み込み帯研究ワークショップ、2012. 11. 23、海洋研究開発機構
- ② 加々島 慎一、足尾帯・朝日帯・阿武隈帯の Sr, Nd, Pb, Hf 同位体組成、JAMSTEC 比較沈み込み帯研究ワークショップ、2012. 11. 23、海洋研究開発機構
- ③ 石川 尚人、伴 雅雄、蔵王火山、五色岳火砕岩中の火山弾の古地磁気情報の検討、地球電磁気・地球惑星圏学会2012年秋講演会(第132回)、2012. 10. 12、北海道大学
- ④ 足立 辰也、佐藤 光、伴 雅雄、蔵王火山・五色岳の過去約800年間のマグマ供給系の進化、日本火山学会、2012. 10. 15、エコールよみた
- ⑤ 大場 司、及川 玄、林 信太郎、伴 雅雄、マグマ混合に誘導された斑晶の結晶作用 - 西島海火山の例、日本火山学会、2012. 10. 15、エコールよみた
- ⑥ 伴 雅雄、武部 義宜、蔵王山、駒草平火砕岩におけるマグマ進化過程、日本鉱物科学会2012年年会、2012. 9. 19 京都大学
- ⑦ 足立 辰也、佐藤 光、伴 雅雄、蔵王山、五色岳の過去約800年間のマグ

マ供給系の進化、日本鉱物科学会2012年年会、2012. 9. 19、京都大学

- ⑧ 大場 司、及川 玄、林 信太郎、伴 雅雄、鳥海山猿穴溶岩における混合誘導結晶化作用、日本鉱物科学会2012年年会、2012. 9. 19、京都大学
- ⑨ 平原 由香、高橋 俊郎、宮崎 隆、仙田 量子、常 青、伴 雅雄、木村 純一、東北日本弧第四紀火山岩類のCe同位体比組成の空間分布、日本鉱物科学会2012年年会、2012. 9. 19、京都大学
- ⑩ Ban, M., Nakamura, J., Hayashi, S., Ohba, T., Shuto, K, Magma Feeding System for Historical Lavas of Chokai Volcano, NE Japan, 2012 AOGS - AGU (WPGM) Joint Assembly, 2012. 8. 15, Resorts World Convention Centre, Singapore
- ⑪ Ohba, T., Oikawa, H., Hayashi, S., Ban, M., Mixing-Induced Crystallization in Pre-Eruptive Mingling Magmas at West Chokai, Tohoku Japan, 2012 AOGS - AGU (WPGM) Joint Assembly, 2012. 8. 15, Resorts World Convention Centre, Singapore
- ⑫ 武部 義宜、伴 雅雄、蔵王火山最新期、刈田岳火砕岩の地質・岩石学的特徴の時間変化、日本地球惑星科学連合2012年大会、2012. 5. 21、幕張メッセ
- ⑬ 藤縄 明彦、伴 雅雄、大場 司、木村 純一、平原 由香、高橋 俊郎、東北日本弧、秋田駒ヶ岳火山におけるマグマ系列とマグマ源、日本地球惑星科学連合2012年大会、2012. 5. 21、幕張メッセ
- ⑭ 平原 由香、高橋 俊郎、宮崎隆、常 青、仙田 量子、吉田 武義、伴 雅雄、栗谷 豪、藤縄 明彦、大場 司、林 信太郎、木村 純一、東北日本弧に産する第四紀火山岩類の Hf 同位体比組成の空間分布、日本地球惑星科学連合2012年大会、2012. 5. 22、幕張メッセ
- ⑮ 石川 尚人・伴 雅雄、蔵王火山、五色岳火砕岩中の火山弾の古地磁気情報、平成23年度 防災研究所 研究発表講演会、2012. 2. 21~22、京都大学宇治キャンパス
- ⑯ 大泉 涼、伴 雅雄、井合 穰、東北日本、月山火山新期噴出物の特徴の変遷(2)、日本火山学会、2011. 10. 2、旭川市大雪クリスタルホール
- ⑰ 大場 司・林 信太郎・南 裕介・近藤 梓・葛巻 貴大・鈴木 真悟・古木 久美子・伴 雅雄、最近3,000年

- における鳥海火山の爆発的噴火と熱水系の関連、日本火山学会、2011.10.2、旭川市大雪クリスタルホール
- ⑱ 伴 雅雄、中村 潤子、廣谷 志穂、林 信太郎、大 場司、周藤 賢治、東北日本、鳥海山の歴史時代噴火噴出物の岩石学的研究、日本地質学会 118 年大会・日本鉱物科学会 2011 年年会合同学術大会、2011.9.10、茨城大学
- ⑲ 渡邊 沙織・加々島 慎一、ゴンドワナ超大陸Kuunga造山帯における珪長質火成活動の証拠、日本地質学会 118 年大会・日本鉱物科学会 2011 年年会合同学術大会、2011.9.10、茨城大学
- ⑳ 大 場司、林 信太郎、近藤 梓、鈴木 真悟、葛巻 貴大、古木 久美子、伴 雅雄、最近 3,000 年における鳥海火山の爆発的噴火活動および熱水系の発達、日本地質学会 118 年大会・日本鉱物科学会 2011 年年会合同学術大会、2011.9.9、茨城大学
- ㉑ 武部 義宜、伴 雅雄、東北日本、蔵王火山、熊野岳アグルチネート活動時のマグマ供給系の進化、日本地質学会 118 年大会・日本鉱物科学会 2011 年年会合同学術大会、2011.9.9、茨城大学
- ㉒ Ohba, T., Hayashi, S., Ban, M., Kondo, A., Suzuki, S. et al., Interaction Between Hydrothermal Systems and ascending magma beneath Chokai volcano, Japan, during the last 3,000 years: implication from characterization of volcanic ash, 2011 IUGG General Assembly, 2011.7.5, メルボルン国際会議場
- ㉓ Ban, M., Hirotani, S., Ishizuka, O., Petrologic study of pyroclastic explosion stage in Shirataka volcano, NE Japan: Synchronized eruption of multiple magma chambers, 2011 IUGG General Assembly, 2011.7.4, メルボルン国際会議場
- ㉔ Ban, M., Takebe, Y., Several patterns of evolution course of magma feeding system in Zao volcano newest stage, NE Japan, JpGU Meeting 2011(招待講演), 2011.5.25, 幕張メッセ
- ㉕ Ban, M., Hirotani, S., Origin of Quaternary low-K basalts in rear arc side of NE Japan., Western Pacific Geophysics Meeting 2010, 2010 年 6 月 25 日, Taipei International Convention Center.
- ㉖ 伴 雅雄、岩石組織・化学組成から見た、東北日本・蔵王山・Z-To-5 テフラ (約 5,800 年前) のマグマ溜り、日本鉱物科学会 2010 年年会、2010 年 9 月 25 日、

島根大学

[その他]

ホームページ等

http://yudb.kj.yamagata-u.ac.jp/OUTSIDE?ISTActId=SCHKOB0010RIni001&userId=631&lang_kbn=0

6. 研究組織

(1) 研究代表者

伴 雅雄 (BAN MASAO)

山形大学・理学部・教授

研究者番号：50208724

(2) 研究分担者

加々島 慎一 (KAGASHIMA SHINICHI)

山形大学・理学部・准教授

研究者番号：70361243

(3) 研究分担者

石川 尚人 (ISHIKAWA NAOTO)

京都大学大学院・人間環境学研究科・教授

研究者番号：30202964