

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 14 日現在

機関番号：11501

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26400509

研究課題名(和文) 噴火が危ぶまれる火山のマグマ供給系の現状：鳥海山の例

研究課題名(英文) Magma plumbing system beneath Chokai volcano

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

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：鳥海山の貞観地震前後の活動史を詳細に検討した。その結果、貞観地震後に噴出率が急減していることが判明した。また噴出物について、岩石組織解析、鉱物組成分析、全岩化学分析を基に、深部と浅部マグマ供給系のマグマの種類・配置・温度-圧力条件・マグマの混合-上昇過程を検討した。その結果、全ての噴出物は高温、低温マグマの混合によって生じたこと、低温マグマ主体の浅部マグマ溜りに高温マグマが注入することによって混合が行われたこと、噴火に至る前の注入によって低温マグマ溜りが再活性化されたこと、注入したマグマは特に貞観地震前後では組成が異なっていたこと、注入～噴火までは数年以内であった可能性が高いことが判明した。

研究成果の概要(英文)：Chokai volcano is a Quaternary stratovolcano in NE Japan. The newest collapse was at BC466 and a caldera was formed. Effusion of lavas in this caldera has continued intermittently to present. This volcano erupted (Jougan eruption) after the Jougan big earthquake. Thus, after 2011 Tohoku earthquake, it is important to examine the geologic and petrologic features around Jougan eruption to predict future eruption.

Detailed volcano stratigraphic analysis revealed that the eruption rate decreased and the compositions of mafic magma were changed after the Jougan earthquake. By the petrologic investigations revealed followings. The magma plumbing system is composed of shallow chamber filled by lower temperature magma which was repeatedly infused by mafic magmas from depths, which resulted in the eruptions. The time scales from the infusions to the eruptions are estimated to be less than several years. The compositions of the mafic magma changed at the timing of the Jougan earthquake.

研究分野：岩石学、火山学

キーワード：活火山 マグマ供給系 噴火史 鳥海山 東北日本 噴火のタイムスケール 東北地方太平洋沖地震 東鳥海カルデラ

### 1. 研究開始当初の背景

これは東北地方太平洋沖地震によって応力場が変化した結果、火山下のマグマ供給系が活性化されたと考えられ、東北地方の活火山の噴火が危ぶまれていた。鳥海山は、西暦869年の巨大地震(貞観地震)の2年後に噴火し、その後もマグマ噴火を断続的に続けており、東北地方の活火山の中でも要注意火山の一つである。このような鳥海山において、今後の噴火について検討するためには、鳥海山の噴火の履歴や噴火をもたらしたマグマの変遷を調べておくことが根本的に重要なことであった。

### 2. 研究の目的

本研究では、精度を上げた噴火史に沿って採取した試料を物質科学的に解析することにより、貞観地震の前から現在までの鳥海山の深部～浅部マグマ供給系の推移を明らかにし、貞観地震の前後でマグマ供給系にどのような変化が生じたか、またその後現在に至るまでどのような変化を辿っているかを解明し、今後の噴火予測を行うことを目的とした。

### 3. 研究の方法

#### (1) 噴火史の精密化と系統的試料採取

古記録調査(林、2001など)によると、西暦871年、1801年の2回及び両者の間に複数回のマグマ噴火が認められ、またテフラ層序研究(大場ほか、2012)によると、871年以前には、およそ西暦700～800年と、西暦100～500年、紀元前466年から約400年間に3回のマグマ噴火活発期が認められる。本研究では、西暦869年の貞観の巨大地震前後から現在に掛けてのマグマ供給系の変化を見るため、東鳥海カルデラが形成された紀元前466年以降(過去約2500年間)のマグマ噴火を対象とした。

この間の噴火史を、古文書記録、現地調査、を基に精密化すると共に、赤色立体図判読と現地調査によって区分した火口近傍噴出物の形成時期を決定し、試料を系統的に採取する。その際、特徴的に含まれる苦鉄質包有物を母岩とセットで採取する。苦鉄質包有物は急冷固結組織を持ち、母岩となるマグマに深部から上昇・混合した高温の苦鉄質マグマの固結物とされている。これは深部からの苦鉄質マグマからの情報を保持しているため非常に重要である。

#### (2) 岩石学的分析

鳥海山過去約2500年間のマグマ噴火によってもたらされた噴出物試料について、斑晶組成累帯や溶融組織に注目した岩石組織解析、鉱物化学組成分析、全岩化学組成分析(主要元素とREEを含む微量元素)を行う。

#### (3) 深部～浅部マグマ供給系の進化の解析

予察的な検討結果によれば、マグマ供給系

は大きく深部(高温苦鉄質マグマ)と浅部(低温珪長質マグマ)に分けられ、噴出時には深部から高温マグマが上昇・貫入・混合し、噴出に至ったと考えられる。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、浅部マグマ溜りの組成の時間変化を明らかにし、また深部マグマの変化を厳密に捉える。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。最終的には、貞観地震前後及び、その後現在までの深部～浅部マグマ供給系の変化を明らかにし、現状を把握し、今後の噴火予測を行う。

### 4. 研究成果

#### (1) 噴火史の精密化

カルデラ内に分布する貞観噴火以前の溶岩流を、その表面地形の保存状況を基に、最下部、下部、中部、上部の4つのユニットに分類した。各ユニットの噴出量と、先行研究によるテフラ層序を基に階段図を作成し、貞観噴火以降のデータも加えて検討した結果、貞観噴火を境にして噴出率が低下したことが判明した。

#### (2) 貞観噴火以降の噴出物の岩石学的分析結果

貞観噴火以降の噴出物は6つのユニットに分けられる。岩石は、普通角閃石・かんらん石含有直方輝石単斜輝石安山岩主体( $SiO_2=56\sim 63\%$ )で、かんらん石単斜輝石直方輝石玄武岩の苦鉄質包有物を含み、 $SiO_2$ 図で直線的な一連のトレンドを示す。なお、詳しくみると、 $P_{205}$ 量などについてユニット間での相違が認められた。

$SiO_2$ 量はユニット毎に異なる一方で、どのユニットにも珪長質マグマ由来の低An斜長石、低Mg#輝石と苦鉄質マグマ由来の高An斜長石が共存し、それらの組成は全岩組成の変化によらず概ね一定である。

苦鉄質マグマ由来のかんらん石斑晶について、外縁部付近の累帯構造を解析し、マグマ混合から噴火に至るタイムスケールを見積もったところ、数年以内を示すものが主体であった。

#### (3) 貞観噴火以前の噴出物の岩石学的分析結果

貞観噴火以前の噴出物は、かんらん石含有直方輝石単斜輝石安山岩で、かんらん石単斜輝石直方輝石玄武岩の苦鉄質包有物を含む。鉱物化学組成の特徴は、中部ユニットのかんらん石のFo量が高い以外は、貞観噴火以降とほぼ同様である。全岩 $SiO_2$ 量は、中部ユニットはやや広く(55～61%)、それ以外は57～60%の範囲内である。また、全岩トレンドは中部と上部ユニット以外は貞観噴火以降のトレンドとほぼ同様である。中部、上部ユニットは苦鉄質側で各々、 $MgO$ 、 $Cr$ 、 $Ni$ 量、 $Rb$ 量などが貞観噴火以降のトレンドと異なっている。また、詳しくみると、下部、中部、

上部ユニットは、苦鉄質側の REE や P205 などの組成がお互いにやや異なっている。

#### (4) 深部～浅部マグマ供給系の進化の解析

岩石学的分析結果を基にすると、貞観地震前と後の何れのユニットも 2 端成分のマグマ混合で形成されたと考えられる。その 2 端成分は、貞観地震以降は似ていたと考えられる。しかし、苦鉄質端成分由来の斑晶鉱物のマグマ溜り内での滞留時間は数年以内を示すものが多いことから、深部からの苦鉄質マグマの注入はユニット毎に別々であったと考えられる。

貞観地震前は、下部、中部、上部では少なくとも苦鉄質マグマの組成は明瞭に変化していたと考えられる。よって、こちらの場合も深部からの苦鉄質マグマの注入はユニット毎に別々であったと考えられる。

大局的にみると貞観地震の前後で噴出物の組成変化が激しく、このタイミングでマグマ供給系の特徴が変化したことが指摘できる。

#### (5) 今後の噴火予測

噴出率が貞観地震を境に急減していることから、貞観地震以降の傾向が続けば、マグマ噴火については低頻度で噴火が断続すると思われる。噴火が起こる前には深部からの苦鉄質マグマの上昇が起こる。それが浅部マグマに到達後、数年以内に噴火が発生する可能性が高い。数年以内のどの程度の期間であるかは今後さらに検討を進める必要がある。

#### 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 3 件)

Ban M., Takebe Y, Adachi T, Matsui R, Nishi Y, Eruption histories of Zao and Azuma volcanoes and their magma feeding systems of recent activities. Bulletin of the Earthquake Research Institute Univ., Vol. 91, 2017, 25-39. (査読あり)

Takebe Y., Ban M., Evolution of magma feeding system in Kumanodake agglutinate activity, Zao volcano, northeastern Japan. Journal of Volcanology and Geothermal Research, Vol. 304, 2015, 62-74. (査読あり)

南裕介、大場司、林信太郎、片岡香子、鳥海火山北麓に分布するラハール堆積物の運搬・堆積過程と構成物質の時間変化、火山、Vol. 60, 2015, 1-16. (査読あり)

[学会発表](計 12 件)

伴雅雄、足立辰也、廣上千尋、武部義宜、蔵王火山の過去約 800 年間のマグマ供給系、日本地球惑星科学連合 2016 年大会予稿集 SCG62-08, 2016(幕張メッセ)

西勇樹、伴雅雄、及川輝樹、山崎誠子、蔵王火山、御釜-五色岳火山体基底部分及びその周辺に分布する噴出物の地質学的・岩石学的研究、日本地球惑星科学連合 2016 年大会予稿集 SVC48-06, 2016(幕張メッセ)

佐藤真、伴雅雄、及川輝樹、山崎誠子、蔵王火山、鳥兜山-横倉山・古熊野岳・中丸山火山体の地質学的・岩石学的研究、日本地球惑星科学連合 2016 年大会予稿集 SVC48-P08, 2016(幕張メッセ)

Nishi Y, Ban M., Oikawa T, Yamasaki S, Sato S, Alvarez-Valero A, Shinjo R, Magma Feeding System in the Initiation of Goshikidake Activity (Zao Volcano, Japan). Goldschmidt Conference Abstracts, 2288, 2016. (横浜パシフィコ)

高橋拓哉、伴雅雄、大場司、林信太郎、新城竜一、鳥海山、貞観地震前後の噴出物の特徴の変化、日本鉱物科学会 2016 年年会, 2016(金沢大学)

神谷知佳、伴雅雄、林信太郎、大場司、佐藤昂徳、東北日本、鳥海山、1800-1804 年噴出物の岩石学的特徴、日本地球惑星科学連合 2015 年大会, 2015(富山大学)

神谷知佳・伴雅雄・林信太郎・大場司、東北日本、鳥海山 1801 年噴出物の岩石学的特徴、日本火山学会 2015 年度秋季大会, 2015(富山大学)

Ban M., Oikawa T, Matsu-ura T, Miura K, Past ca. 2-ky eruption history of Zao volcano, NE Japan. XIX INQUA 2015 (International Union for Quaternary Research, XIX Congress, 2015(名古屋国際会議場))

Ban M., Sato T, Ohba T., Hayashi S., Temporal variation of the magma mixing process in historical lavas of Chokai volcano, NE Japan. AOGS 11th Annual Meeting, 2014(ロイトン札幌ホテル)

大場司、小松翔、林信太郎、高山晃平、イワン セチアワン、伴雅雄、マグマ混合に伴う斑晶組織と斑晶組織、日本火山

学会 2014 年度秋季大会, 2014( 福岡大学 )

Ohba T, Komatsu S, Hayashi S, Ban M,  
Phenocryst textures recording  
evolution of magma mixing from  
mingling to hybrid magma. COV8, 2014  
( インドネシア ジョグジャカルタ ガ  
ジャマダ大学 )

南裕介、大場司、林信太郎、片岡香子、  
鳥海火山北麓に分布するラハール堆積物  
の地形的、堆積学的特徴、日本火山学会  
2014 年度秋季大会, 2014 ( 福岡大学 )

[ 図書 ] ( 計 0 件 )

[ 産業財産権 ]

出願状況 ( 計 0 件 )

取得状況 ( 計 0 件 )

[ その他 ]

ホームページ等

<http://ksgeo.kj.yamagata-u.ac.jp/~ban/ember.html>

## 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 : 5 0 2 0 8 7 2 4

### (2) 研究分担者

大場 司 ( OHBA, Tsukasa )

秋田大学・国際資源学研究科・教授

研究者番号 : 1 0 2 7 2 0 1 4

### (3) 研究分担者

新城竜一 ( SHINJO, Ryu-ichi )

琉球大学・理学部・教授

研究者番号 : 3 0 2 4 4 2 8 9

### (4) 研究分担者

林 信太郎 ( HAYASHI, Shintaro )

秋田大学・教育文化学部・教授

研究者番号 : 9 0 1 8 0 9 6 8

### (3) 連携研究者

なし

### (4) 研究協力者

なし