

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 6 月 6 日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20K04132

研究課題名(和文) マグマ供給系の化石の比抵抗イメージング：大崩山花崗岩体の根

研究課題名(英文) Imaging fossil magma plumbing system by broad-band magnetotelluric observation: root of the Okueyama volcano-plutonic complex

研究代表者

相澤 広記 (Aizawa, Koki)

九州大学・理学研究院・准教授

研究者番号：50526689

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：過去に巨大噴火を起こし、マグマだまりの化石(花崗岩体)が地表に露出している大崩山において広帯域MT観測を行った。既存点もあわせて100点のデータを用いた比抵抗構造推定を行い、地表のリング状貫入岩体の分布に対してやや広がりをもった3000 m前後と高比抵抗な異常体を推定した。これは地下で固結したマグマと解釈でき、その体積は少なくとも3000 km<sup>3</sup>以上と結論した。大崩山のマグマの噴出量がおおよそ370 km<sup>3</sup>と推定されることから、地表に噴出したマグマは生産されたマグマ全体のおよそ1割程度となる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

大崩山地下で固結したマグマの総体積は3000 km<sup>3</sup>以上と推定したが、過去の比抵抗構造調査からは、活火山の下にこれほどの大量のマグマが存在している証拠は提出されていない。火山の一生を通じて、低比抵抗である一つの巨大なマグマ供給系が成長していき、深部からのマグマの供給が途絶えると徐々に固結して高比抵抗になっていくというよりも、固結したマグマだまりの周辺に新たなマグマだまりが次々と形成されていく、このプロセスが繰り返されるのがマグマ供給系進化の実体である可能性がある。

研究成果の概要(英文)：In the area around Mt. Okue, Japan, a granitic batholith and surrounding ring dikes, which intruded 14 Ma and later, are exposed on the surface (Takahashi, 1984). The granitic batholith (33 x 23 km), which is a fossil of a magma reservoir, has little pore space and fracture, and therefore, show electrical high resistivity. We conducted broadband MT observations around Mt. Okue in 2015, 2017 and 2020, 2021, and estimated the 3-D resistivity structure. A high resistivity (>3000 m) body, which exceeds 3000 km<sup>3</sup>, is imaged beneath the ring dike. We interpreted the high resistivity body as solidified magma. The volume of the erupted magma is only 10 % of that of the magma solidified underground. The correspondence between the high resistivity body and the ring dike is not perfect. There are regions without high resistivity zone beneath the ring dike. This finding is not consistent with the simple idea that the ring dike intrusion uniformly occurred at the margin of the magma chamber.

研究分野：地球電磁気学

キーワード：バソリス 比抵抗 花崗岩 大崩山 MT観測 マグマだまり マグマ供給系

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

## 1. 研究開始当初の背景

古い教科書や、新聞等に描かれるマグマだまりは、球状に近い、単独もしくは複数のマグマ領域が、細いマグマの通路で連結されているというものである。それに対して、マグマだまりの大部分はメルトと結晶が共存するマッシュ(おかゆ)状で、その中に一部メルトの存在比率の高い領域(マグマ領域)があり、これが通常の噴火や地殻変動等の火山活動を担っているという考えが提出された (Cashman et al., 2018, *Science*)。

他方、世界各地の火山で行われたMT法調査によって、火山地下10数 km から火口地下数 km に向かって電気を流しやすい(低比抵抗)領域が柱状に伸びているということが数多く報告されている。マグマ領域+マッシュ領域が全体として一つの電気を流しやすい"低比抵抗の柱"としてイメージされることが期待され、実際に得られた低比抵抗の柱をそのように解釈した例もでてきている (Samrock et al., 2018, *GRL*)。

## 2. 研究の目的

本研究の目的はマグマ供給系の実体、活動的火山地下にイメージされる低比抵抗体の実体にせまることである。本研究では視点を変更し、現在活動中のマグマ供給系の探査ではなく、すでに活動を終了したマグマ供給系、すなわちマグマ供給系の化石に注目した。活動を終了して全てが固化したマグマ供給系(マグマ領域+マッシュ領域)はメルトが存在せず空隙に乏しいため、低比抵抗の柱ではなく、電気を流しにくい高比抵抗の柱としてイメージされることが期待できる。実際に地表に花崗岩体が露出している地域でMT探査を行うと顕著な高比抵抗としてイメージされることが多くの場所で報告されている。

## 3. 研究の方法

活動を終了したマグマ供給系、すなわちマグマ供給系の化石に注目し、その形状を高比抵抗体としてイメージする。マグマ供給系の化石の形状から、通常的手法では推定が簡単ではない活火山のマグマ供給系について洞察を得る。対象としたのはバソリスとリング状貫入岩体が地表に露出している大分-宮崎県の県境付近に位置する大崩山である。本研究課題では広帯域MT観測を大崩山の山頂部も含めたバソリス、リング状貫入岩体が露出している地域で実施した。2015年、2017年に大崩山周辺のやや広域で実施したMTデータも併せて、地下比抵抗構造を推定するための良好な応答関数(周期 0.005~3000 秒)を推定した。既存データとあわせ 100 点のデータを用いた3次元解析により比抵抗構造推定を行った。

## 4. 研究成果

厚さが 5 km 以上、比抵抗値が 3000Ωm 前後の高比抵抗体をイメージすることができた。この固結したマグマだまりと考えられる高比抵抗体は地表のリング状貫入岩体の分布よりもやや広域に広がり、その体積は 3000 km<sup>3</sup> 以上と巨大である(図1)。大崩山の 370 km<sup>3</sup> の噴出量に対して地下で固結したマグマは 10 倍以上の体積を占める。

予想外の結果として、大崩山東部、および西部において、高比抵抗体が欠けている領域が

あることが分かった。この結果は、マグマだまりが地下でレンズ状に広がりそこからリング状にマグマが貫入することで地表に見られる貫入岩体が形成されたという教科書的な考えと合致しない。マグマだまりに対して鉛直なマグマ貫入域と、そこからさらに側方にマグマが移動した領域の2つの存在を考える必要がある。この考えはリング状貫入岩体の帯磁率異方性から推定された考え (Kanamaru et al., 2021) と合致した。

第四紀の活動的火山においては上部—中部地殻に低比抵抗体がイメージされる例が多く報告され、マグマだまりであると解釈される例が多いが、その形状は鉛直もしくは斜め鉛直であり、大崩山のマグマだまりの化石の形状とは異なる。また、その低比抵抗体の体積も大崩山の  $3000 \text{ km}^3$  と比較して 1 桁小さい。これらの理由を他火山の調査結果や文献調査から総合的に検討した。まず、火山の一生を通じて低比抵抗を示す一つの巨大なマグマ供給系が成長していき、深部からのマグマの供給が途絶えると固結して高比抵抗になっていくという考えでは、得られている観測結果を説明できないと結論した。固結したマグマだまりの周辺に新たなマグマだまりが次々と形成されていく、このプロセスが繰り返されるのがマグマ供給系進化の実体であり、活火山で実施する MT 調査では、1 時代のスナップショットを見ているにすぎないと解釈した。活動的火山では固結したマグマは高比抵抗として、活動中マグマのみが低比抵抗としてイメージされるため、低比抵抗の柱の体積が火山地下に占める割合が大崩山ほど大きくないと解釈した。この解釈には雲仙岳で得た比抵抗構造探査の結果も強く影響している (Triahadini et al. 2023, *GJI*)。また、先行研究の知見を総合し、低比抵抗の柱の中でも、メルトの連結度が高く動くことができ噴火に寄与するマグマは、その端部に集中して存在することを示唆した。これは活動中のマグマだまりや、その上昇経路は低比抵抗体としてイメージされるという一般的な考えと異なり、火山の比抵抗構造の解釈に重要な示唆を与えた。

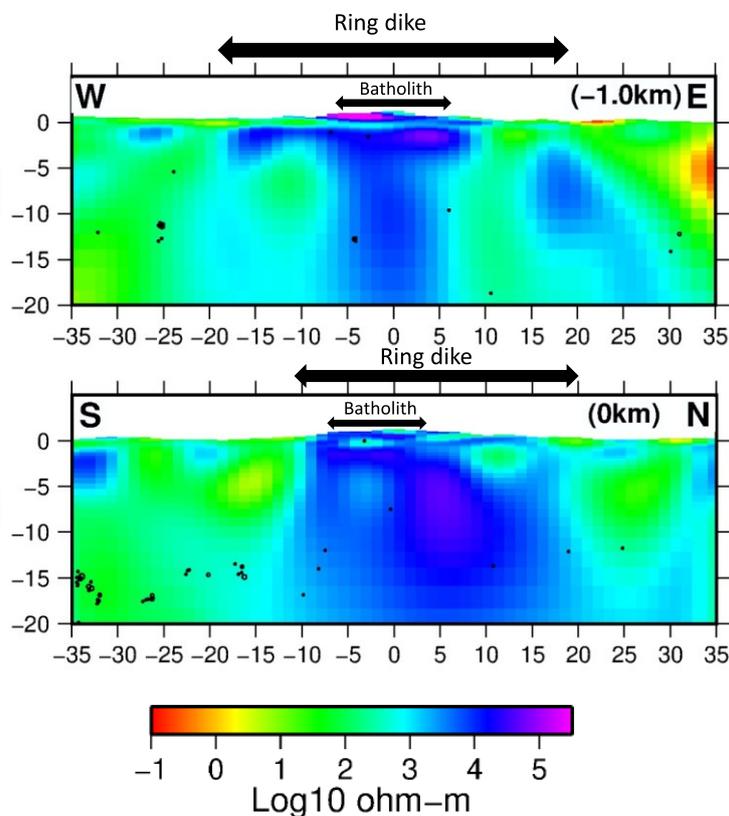


図1:3 次元比抵抗構造の鉛直断面。大崩山山頂を通る東西断面と南北断面をそれぞれ示す。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件 / うち国際共著 1件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Triahadini A., Aizawa K., Hashimoto T. M., Chiba K., Uchida K., Yamamoto Y., Miyano K., Muramatsu D., Aniya S., Okubo A., Kawamura Y.	4. 巻 234
2. 論文標題 Magma transport along structural boundaries in the upper crust: Insight from broadband magnetotelluric constraints on the structure beneath Unzen volcano, Japan	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Geophysical Journal International	6. 最初と最後の頁 1268-1281
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1093/gji/ggad126	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 大久保歩夢他 著者21名
2. 発表標題 大崩山バソリスの電気比抵抗構造の特徴について
3. 学会等名 火山学会秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大久保歩夢・相澤広記・松島 健・Agnis Triahadini・山本 有人・田辺 暖柊・宇津木 充・山崎 健一・吉村 令慧・小松 信太郎・荒上 夏奈・波岸 彩子・手操 佳子・塚本 果織・村松 弾・林田 祐人・武石 貢佑・緒方 美季・渡部 陽奈・藤森 佳奈・原田 直人
2. 発表標題 Imaging the fossils of magma supplying system: Electrical resistivity structure of the Mt. Okue batholith, JpGU 2021
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合大会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------