

(1) 実施機関名：

九州大学

(2) 研究課題（または観測項目）名：

（和文）九州地下のマグマ上昇経路と地殻活動の関連性

（英文）Magma ascent route and its relation to crustal activities beneath Kyushu island

(3) 関連の深い建議の項目：

1 地震・火山現象の解明のための研究

(5) 地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化

エ. 地震発生と火山活動の相互作用の理解とモデル化

(4) その他関連する建議の項目：

1 地震・火山現象の解明のための研究

(5) 地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化

ウ. 火山噴火を支配するマグマ供給系・熱水系の構造の解明

2 地震・火山噴火の予測のための研究

(1) 地震発生の新たな長期予測（重点研究）

イ. 内陸地震の長期予測

(5) 本課題の5か年の到達目標：

九州地下のマグマ上昇経路、およびマグマから供給される揮発性成分の上昇経路を解明し、地震活動、ひずみ集中との関連を調べる。マグマが地表になぜ到達できるかという視点を加えた比較観測研究を実施し、火成活動、マグマ噴火に対する示唆を与える。

本課題では、霧島火山と九州中央部の比較研究を行う。地震学的構造の分解能向上および、両地域で発生する浅発から深部低周波地震のメカニズム比較のため、阿蘇南部から錦江湾北部まで九州中央部を100kmにわたり縦断する地域に、3成分オフライン地震観測網を新たに設置し、5か年にわたり観測を継続する。既存点と合わせて浅発～やや深発地震の波形から、上部マントルから地殻まで、特に深部低周波地震震源域での10km以下の分解能での構造推定、および地震メカニズム推定を行う。以上の比較研究に加え、九州全域を対象とした高空間解像度の地下構造を推定し、温度場、水・マグマの分布と物性、さらに流体上昇経路の推定を行う。

(6) 本課題の5か年計画の概要：

R6年度：九州縦断臨時地震観測点設置。

R7年度：地震観測点維持。広帯域MT探査

R8年度：地震観測点維持。広帯域MT探査

R9年度：地震観測点維持。広帯域MT探査

R10年度：地震観測点維持。

解析・議論はすべての年度で実施。

(7) 令和7年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

本課題では、九州地下のマグマ上昇経路、およびマグマから供給される揮発性成分の上昇経路を解明し、地震活動、ひずみ集中との関連を調べる。マグマが地表になぜ到達できるかという視点を加えた

比較観測研究を実施し、火成活動、マグマ噴火に対する示唆を与える。

### 地震観測：

霧島火山と阿蘇火山の間の低周波地震発生域を含む、ほぼ南北に約100kmにわたって設置した地震観測点10点(図1)の観測を継続した。本課題での地震観測点設置以前の期間も含め、既存観測点で観測された3成分地震データを用いて、非火山性地域で発生する深部低周波地震に対してマッチドフィルターによる検出を試みた。手法はKurihara & Obara (2021) を踏襲し、2014年7月～2025年9月を対象に象庁カタログ144イベントのうち、SN比が4を超える72イベントをテンプレートとして使用した。その結果、約900イベントと気象庁カタログの約6倍の数のイベントを検出した。しかし2023年3月の増加数がやや強調された程度で、増加するタイミングは、基本的に気象庁と同じであった(図2)。

### 電磁気観測：

全計画でのKYU\_01課題の継続として、本年度の観測も含め別府一由布院周辺で取得した161点の広帯域MT観測データの3-D解析を行い、鶴見、伽藍、由布の3火山に向かって、北側の深部から斜めに上昇してくる低比抵抗体をイメージングした(Aizawa et al. 2025)。深さ20～30 kmで発生している深部低周波地震は低比抵抗体(図3のC3)の南端部で発生している。深さ5 km付近の水平断面に対し、地表の鶴見、伽藍、由布の3火山の位置は低比抵抗体の端部に相当する(図3のC1)。これらの結果は近隣の九重火山、阿蘇火山で得られている結果(Aizawa et al. 2022 GJI)と同一であり、低比抵抗体の端部がマグマ性流体の上昇経路であることを示唆した。また867年に水蒸気噴火があり、最近も熱泥噴出が発生するなど活発な伽藍岳と、有史の噴火がなく現在活動が穏やかで由布・鶴見岳とでC1や表層の低比抵抗層の違いがあることを指摘した(図4)。

これまで得た広帯域MT観測データをコンパイルし解析することで、霧島火山群の3次元比抵抗構造とマグマ供給系を推定した(Aizawa et al. in press)。新燃岳火口、深部低周波地震発生領域の3者を結ぶ線より北側の深さ3 km以深に低比抵抗体がイメージングされた。この低比抵抗体の位置や形状は、地面に垂直に振動するS波の速度VSVの低速度異常域(Nagaoka 2020)とおおよそ一致する。地面に平行に振動するS波の速度VSHでは対応する低速度異常はイメージングされず、VSVの低速度異常域は数多くのシルが連結した領域と解釈されており、ほぼ同じ位置に推定された低比抵抗体もマッシュに囲まれたシルの複合体(マッシュコラム)と解釈した。比抵抗構造は深さ15 kmより深部にも感度があり、低比抵抗体は深くなるとより西側、より北側へと広がり、地殻を貫くマグマ供給系の存在を示唆する。深部低周波地震や地殻変動源は、この低比抵抗体の端部に位置する。これらから低比抵抗体の端部がマグマ性流体の上昇経路であると解釈し、マグマ供給系を推定した(図5)。

桜島火山において過去に得た広帯域MTデータ、ヘリウム同位体比データ、自然電位データを統合し、マグマ供給系を推定した(図6)。桜島北側の始良カルデラからマッシュ状マグマと解釈する低比抵抗体が火口直下にせり上がっている。地盤変動源や深部低周波地震はその端部で発生している。この低比抵抗体が浅部の低比抵抗体と連結している北側、東側ではヘリウム同位体比が高いのに対して、西側、南側ではヘリウム同位体は低い。これらから揮発性成分は低比抵抗端部から浅部の地下水層へ移動しているという経路を提案した。

全計画でのKYU\_01課題の継続として、北海道の阿寒カルデラで観測されたマグネトテルリック法(MT法)探査データを用いて、3次元比抵抗構造の推定を行った(Inoue et al. in press)。3次元比抵抗構造解析の結果、雌阿寒岳と雄阿寒岳の間に西方深部に斜めに傾く低比抵抗異常体を解析した。この低比抵抗異常体と、2016年から2017年にかけて発生した地盤膨張の推定シル状圧力源、準定常的に発生している深部低周波地震や浅部火山性地震の空間的關係を明らかにして、阿寒カルデラのマグマ供給系の構造をモデリングした(図7)。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

#### 1-(5)-ウ 火山噴火を支配するマグマ供給系・熱水系の構造の解明

以上の鶴見・伽藍・由布・霧島・桜島、さらに全計画での九重、阿蘇のMT探査の結果は、いずれもマッシュコラムと解釈できる低比抵抗体が山体の北側深部に伸びていることを示す。これは九州では火山に対して、いずれもマグマが北側深部から供給されていることを示唆している。地殻内でもホットフィンガーのようにマグマ供給の向きが揃うことは興味深く、九州のテクトニクスとあわせてその原因を今後解明したい。さらにマッシュコラムは巨大で長寿命、対して地殻変動源は微小かつ短命で、マッ

シュコラムの端部に存在していることを提案した。つまり、普段のマグマ上昇経路は巨大なマッシュ状マグマだまりの端部であることを一貫して示唆した。今後、この新規アイデアの一般性を検証していく。現在投稿中である桜島火山、阿寒カルデラの比抵抗構造の論文を出版する。また、九州非火山地域の深部低周波地震周辺の比抵抗構造解析を進める。

深部低周波地震の観測解析については群発地震活動があった2025年9月中旬を含めて対象期間を延ばす。また非火山性地域だけでなく霧島火山も対象にKurihara & Obara (2021) のNCC法などによって震源再決定し、両者を比較する。

(8) 令和7年度の成果に関連の深いもので、令和7年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

Aizawa K., Muramatsu D., Tsukamoto K., Teguri Y., Koyama T., Utsugi M., Kanda W., Inomata T., Shigematsu H., Shimizu H., Trans-crustal magma plumbing system of Kirishima volcanic complex as inferred from dense broad-band magnetotelluric observations, Earth Planets and Space (in press), 査読有, 謝辞有

Aizawa K., Yamamoto Y., Wakabayashi A., Muramatsu D., Aniya S., Tanabe H., Fujita S., Azusa S., Koyama T., Shiozaki I., Ichiki M. (2025), Three-dimensional resistivity structure beneath Beppu and Yufuin geothermal fields imaged by dense broad-band magnetotelluric observations, Earth Planets Space, 77, 159, <https://doi.org/10.1186/s40623-025-02291-w>, 査読有, 謝辞有

Inoue T., Hashimoto T., Aizawa K., Ichihara H., Yamaya Y., Tanaka R., Dense Magnetotelluric Imaging of the Akan Caldera: Insights into its Magma Plumbing System and Caldera-forming Reservoir, Earth Planets Space (in press), 査読有, 謝辞有

・学会・シンポジウム等での発表

相澤広記, 比抵抗構造からみた花崗岩マグマ供給システム, 次世代花崗岩シンポジウム, 2026.1 口頭(オンライン).

(9) 令和7年度に実施した調査・観測や開発したソフトウェア等のメタ情報：

(10) 令和8年度実施計画の概要：

九州中部の地震観測点保守。地震データの解析。観測空白域でのMT観測。MTデータの解析。

(11) 実施機関の参加者氏名または部署等名：

相澤広記（九州大学）, 松本聡（九州大学）, 松島健（九州大学）, 江本賢太郎（九州大学）  
他機関との共同研究の有無：無

(12) 公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：  
電話：  
e-mail：  
URL：

(13) この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：相澤広記  
所属：九州大学地震火山観測研究センター

- ・霧島と阿蘇の間の低周波地震領域
- ・DLF観測期間: 2024年9月18日頃～  
2025年9月16日頃までデータ回収済み  
(観測点によって数日後する)

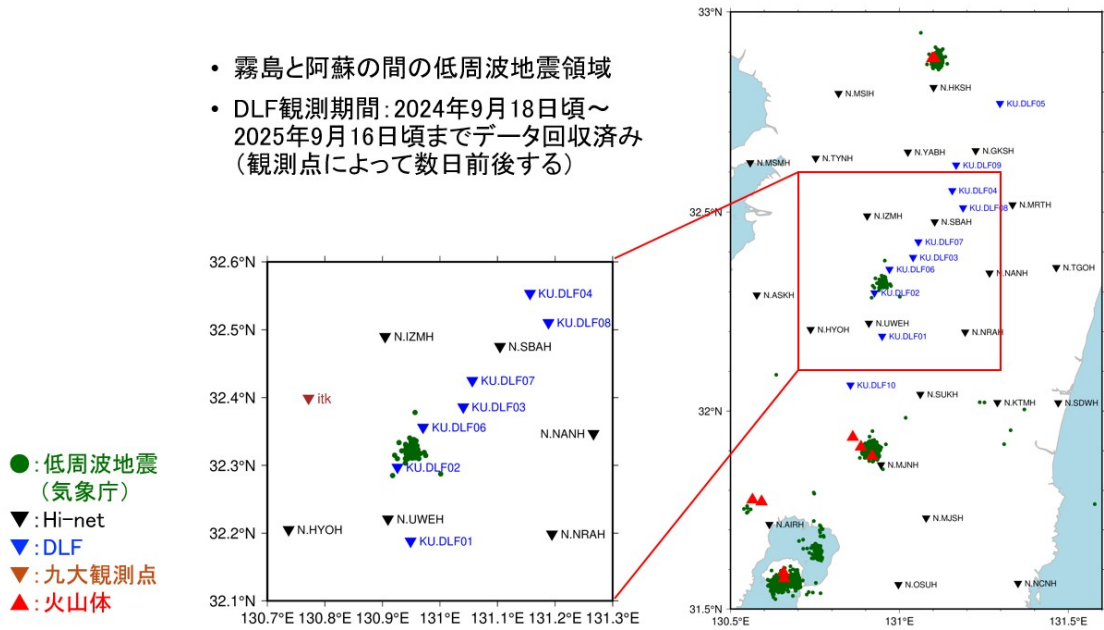


図1  
設置した地震観測点（青字）とその他の臨時観測点（3成分地震計のみを表示）。

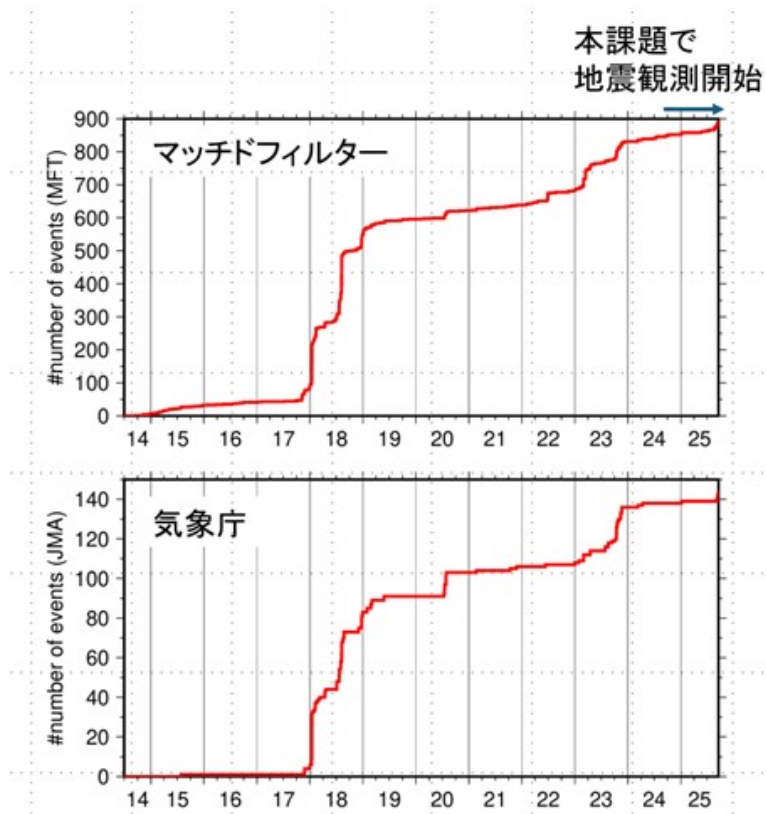


図2  
マッチドフィルターによる非火山地域の深部低周波地震の検出。気象庁カタログと比較して約6倍の数を検出。本課題の地震観測は2024年度に開始したことに注意。

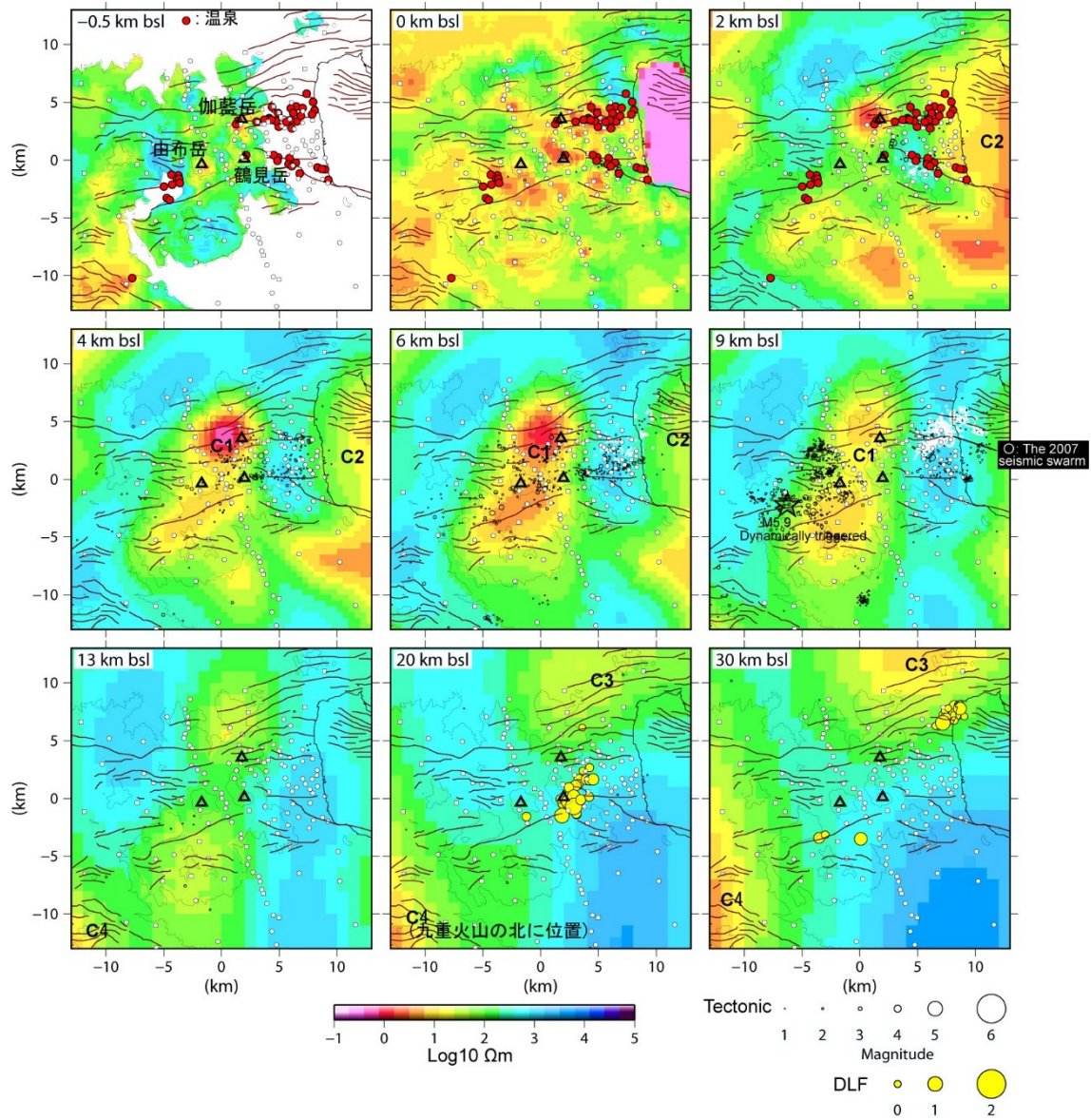


図3

別府由布院地域の比抵抗構造 (Aizawa et al. 2025)。3つの活火山 (伽藍岳、鶴見岳、由布岳) をそれぞれ△で示す。

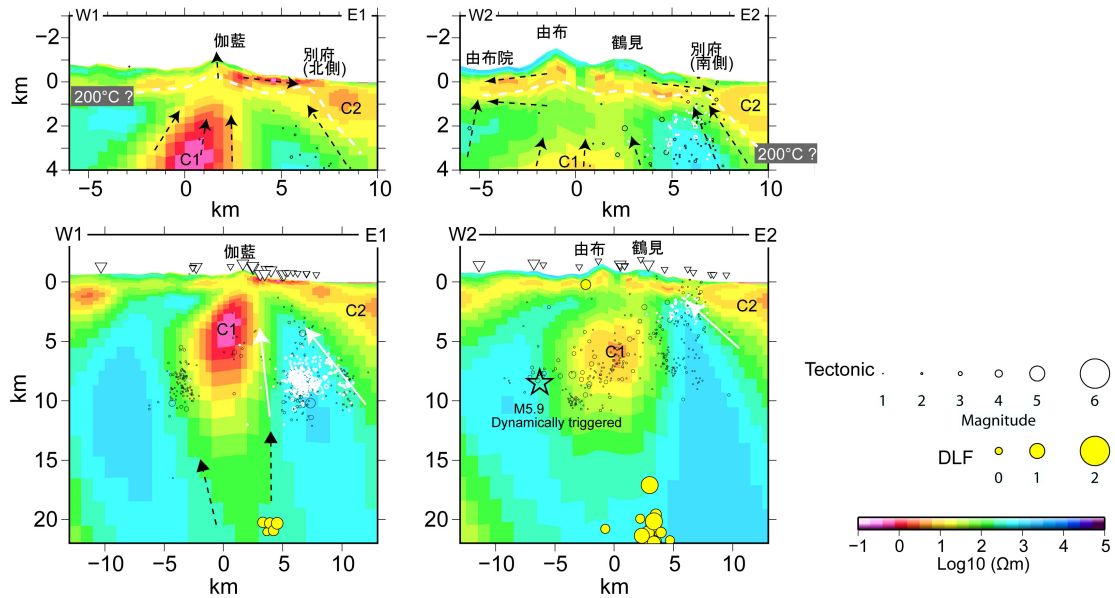


図4 別府由布院地域の比抵抗構造 (Aizawa et al. 2025)。鶴見岳・由布岳に対し、伽藍岳では低比抵抗体 (C1) がより浅部まで達し、その比抵抗値も低い。またC1から東への延びる浅部低比抵抗層も、伽藍岳～別府北部では比抵抗値が低く表層付近まで達している。

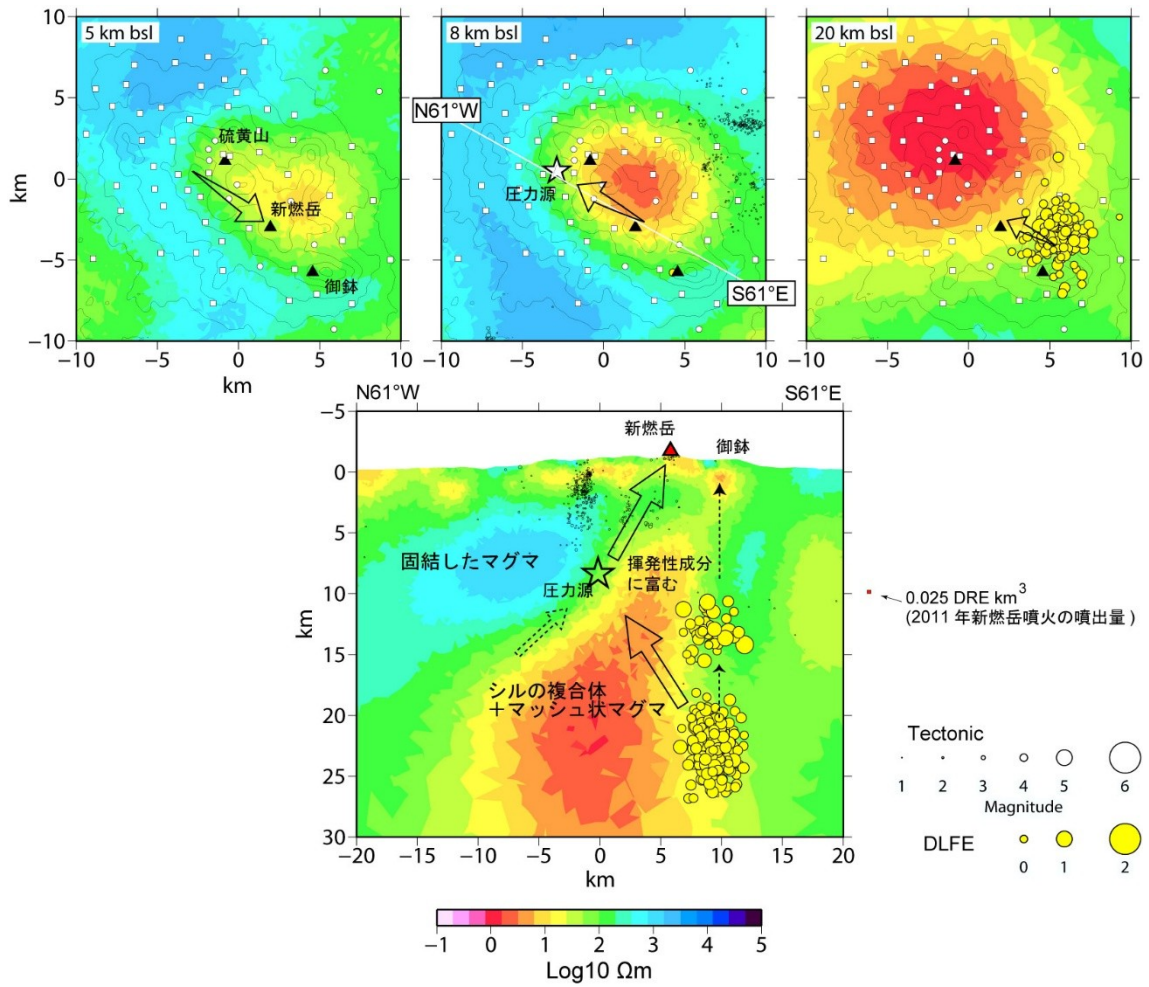


図5

霧島火山の比抵抗構造とマグマ供給系 (Aizawa et al. 2026 に加筆)。現在のマグマの上昇経路は巨大で長命なマッシュコラムの南端部と推定した。

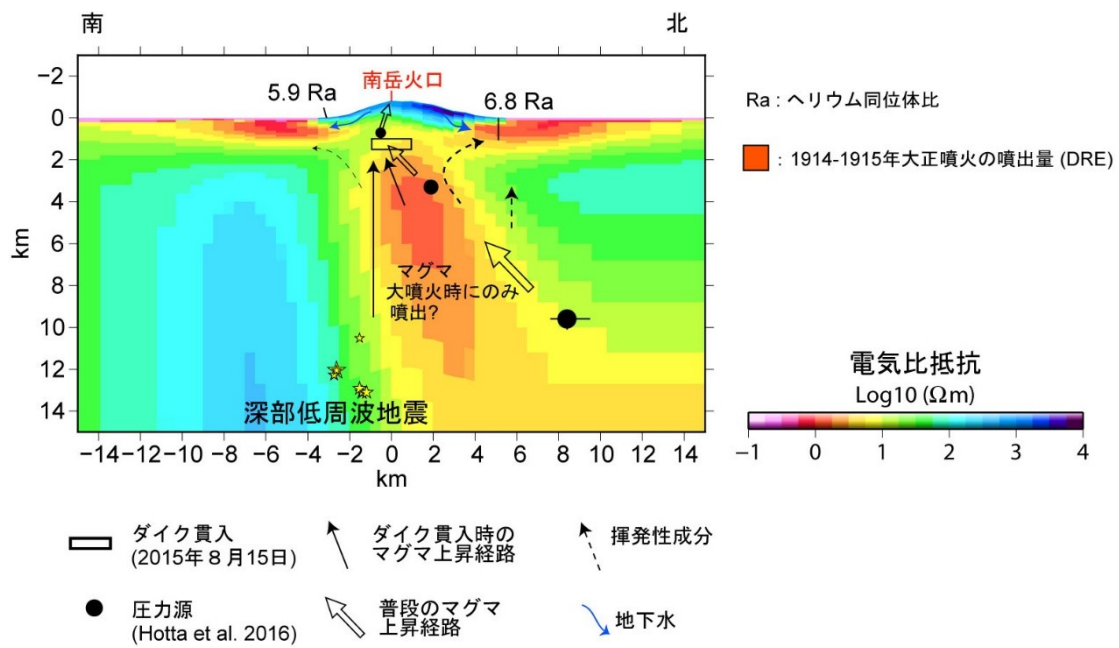


図6

桜島火山の比抵抗構造とマグマ性流体の供給系。マグマの上昇経路は巨大で長命なマッシュコラムの端部と推定した。

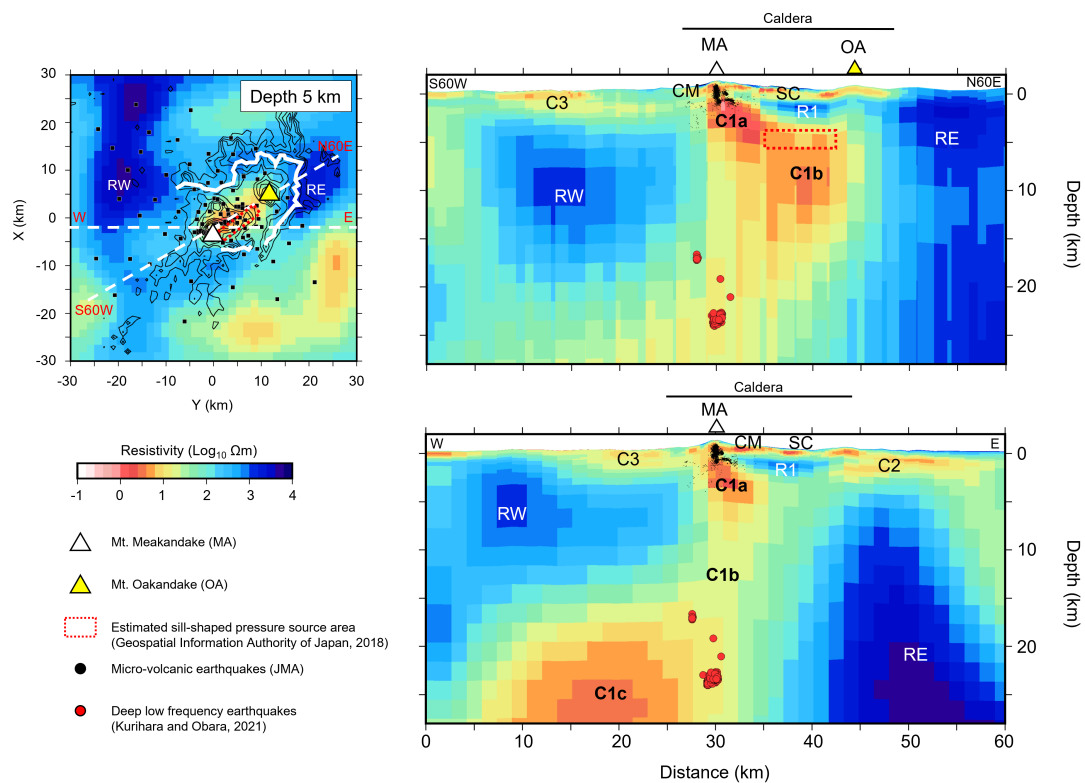


図7

雌阿寒岳—雄阿寒岳間の比抵抗鉛直断面図 (Inoue et al. in press).