

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 27 年 6 月 10 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2011～2014

課題番号：23310120

研究課題名(和文) 噴火未遂発生場の構造と揮発性成分の動態に関する研究

研究課題名(英文) Structure and mass movement of hydrothermal system beneath volcanoes related with failed eruptions

研究代表者

鍵山 恒臣 (Kagiyama, Tsuneomi)

京都大学・理学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：50126025

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 15,300,000円

研究成果の概要(和文)：噴火未遂をしばしば起こしている火山の構造を調べた結果、火口直下に地下深部のマグマから分離上昇した火山ガスと地下水が混合する熱水たまりが存在し、その気液比は火山活動の消長に伴って変動していることがわかった。熱水の一部は地表を覆う熱変質層の隙間から噴気として地表に噴出し、一部は帯水層を通して周辺に温泉水として広がっている。電磁気探査によって得られる電気伝導度分布から火山ガスの散逸量を推定した結果、雲仙火山のマグマに含まれる揮発性成分の多くが、帯水層を通して散逸していることが明らかとなった。この結果は、マグマからの脱ガスが、爆発的な噴火の阻害や噴火未遂を起こす原因となっていること示す。

研究成果の概要(英文)：This study proposes a new model for failed eruptions which decrease a reliability of prediction of volcanic eruptions. The authors carried out MT survey around typical volcanoes which have frequent failed eruptions. Beneath active craters, vapor-dominant hydrothermal fluids, supplied from a deeper part, are maintained in a relatively low resistivity region that is covered by a clay-rich cap, extremely low resistivity layer. Exsolved gases result in fumarolic areas, and mixing of gases with shallow groundwater forms hot springs around volcanoes. The authors developed a new method to estimate mass flux of volcanic gases from electrical conductivity distribution, and applied Unzen volcanic area. The estimated value is consistent with geochemical and geodetic observations. This suggests that volcanic gases are steadily released from magma into the overlying groundwater flow system, and that effective degassing may be one of the factors controlling failed eruptions.

研究分野：火山物理学

キーワード：火山 自然災害 地熱 地下構造 噴火予測

1. 研究開始当初の背景

火山噴火の予測は、近年の噴火予知研究によって大部分の火山で事前に様々な異常現象を捉えるまでになっている。特に桜島や伊豆大島など頻繁に噴火する火山では、噴火前のマグマの移動や噴火現象そのものの理解も進んでいる。しかし、多くの火山では異常現象が捉えられても噴火しない場合や、噴火しても小規模な水蒸気爆発で終わる例が少なく、噴火予知的中度を低下させる最大の理由となっている。本研究では、これらを「噴火未遂」と総称する。こうした事例は国内にとどまらず、国外でも諸火山において発生しており、異常現象が大規模噴火につながるかどうか大きな問題となっている。このように、噴火未遂は噴火予測の精度を著しく低下させるばかりではなく、大規模噴火の予測とも関連して、その理解を深めることが強く望まれている。しかしながら、現状は噴火未遂を示す事例が積み上げられているだけで、噴火未遂を詳細に研究することが噴火の予測精度を上げる重要な鍵であるという研究の指導原理は明らかではなかった。

2. 研究の目的

上記の状況に対して、本研究者らは、「火山活動には2つの端的な形態があり、1つはマグマが地表まで容易に上昇し、異常現象が噴火活動につながる形態(噴火活動卓越型)、もう1つは、マグマの上昇がなんらかの理由で阻害され、地下に滞留したマグマの熱エネルギーが地熱活動として放出される形態(地熱活動卓越型)である」と考え、噴火未遂を火山活動の多様性の1つとして捉えることを提唱している。この考えに立って、本研究は、(1)「噴火未遂」発生場の電磁気構造を明らかにし、熱水の化学分析・同位体分析結果を合わせて、(2) マグマから揮発性成分がどのように火山体周辺へ散逸しているかを明らかにする、(3) 上記の揮発性成分の散逸とみなすことのできる熱水系が、火山活動の推移によってどのように変化するかを明らかにする、これらの研究と並行して、(4) マグマからの揮発性成分の散逸量を推定する手法の開発、(5) 他の類似の火山において、電磁気調査を行い、これらの結果から、(6) マグマからの揮発性成分の散逸と「噴火未遂」の発生との関係を明らかにすることを目標とする。

3. 研究の方法

上記の目的を達成するために、九州および台湾の火山において、下記の調査を行った。(1) 雲仙火山および台湾の大屯火山において深さ 2km 程度までの浅部電気伝導度分布の調査・解析を行うとともに、これまでに研究が行われている阿蘇火山において深部構造の調査を行った。(2) 台湾の大屯火山において、熱水の化学分析・同位体分析を行うとともに、雲仙火山な

どにおいて過去に行われている研究結果を合わせて、マグマからの揮発性成分の散逸が電気伝導度構造(主に帯水層)とどのような関係を持っているかを検討する。

(3) 火山活動が短期間に消長を繰り返す阿蘇中岳において、高精度の電磁気探査を繰り返し実施し、電気伝導度構造の時間変化明らかにする。合わせて火山性微動の消長や火口の熱的な状態の時間変化との対応関係を検討する。

(4) マグマからの揮発性成分の散逸量を推定する手法を開発するために、電磁気構造観測によって推定される見かけの比抵抗(電気伝導度)から岩石および間隙流体の比抵抗(電気伝導度)を推定する方法を開発する。次に、帯水層下部から既知の溶存成分を持つ流体が供給され、既知の天水が地表から供給された場合の電気伝導度分布をモデル計算を行い、電気伝導度分布から揮発性成分の供給量を推定する手法を開発し、雲仙火山に適用する。

(5) 上記の火山の他に、九重火山、由布・鶴見・伽藍火山、霧島火山において、VLF-MTによる表層電気伝導度調査および温泉・湧水調査を行い、これらの火山周辺にどの程度揮発性成分が散逸しているかを検討する。

(6) 以上の成果をふまえて、マグマからの揮発性成分の散逸がどの程度起きていると推測できるか、「噴火未遂」の発生とマグマからの揮発性成分の散逸との関係が見られるかを検討する。

4. 研究成果

上記の研究目的および研究の方法に示した6つの項目について、報告する。

(1) 雲仙火山および台湾の大屯火山においてAMT観測を行い、2次元比抵抗断面を明らかにした。最終的な成果は、論文7および論文1にまとめている。たとえば、図1に示す大屯火山の調査結果では、活動の中心である七星山近傍浅い部分にきわめて抵抗の低い層C1が分布し、周辺に広がっている。その下にやや抵抗の低い領域R1が見られる。火山の活動中心から離れた場所では抵抗は高くなる(R2)。このような構造は、雲仙火山や阿蘇火山でも見られる。

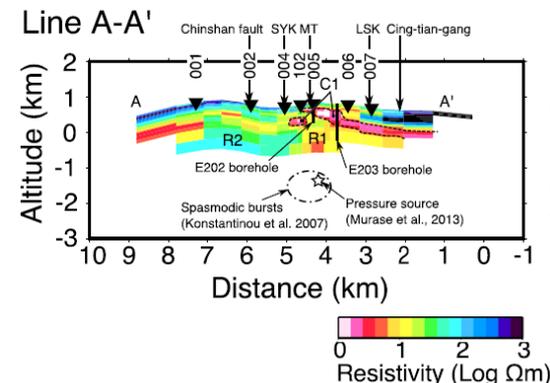


図1 台湾大屯火山七星山周辺の比抵抗構造

(2) 上記の大屯火山において、過去に台湾側の研究者によって行われた研究や熱水の化学分析・同位体分析結果(論文6)と比較検討すると、C1は熱変質した不透水層、R1は高温の火山ガス相が卓越する火山流体が占める領域、R2は熱水活動の影響が及んでいない岩石と解釈された。R1の領域では火山活動の高まりに対応して山体の膨張や地震活動の高まりが観測されており、マグマから分離した火山ガスがC1の隙間から噴出している。また別の断面では、この高温のガスと地表の地下水が混合した温泉も分布していることが明らかとなった(論文1)。こうした結果は、阿蘇火山にも見られており、火口の地下には、マグマから分離した火山ガスが上昇している領域、地下水と混合している領域が存在していることが明らかとなった。

(3) 阿蘇中岳火口近傍において、高精度の電磁気探査を繰り返し実施した。その結果、図2に示すように、火山活動の活発化に同期して(火口の赤熱、火山性連続微動の振幅増大など)、1Hz程度の低周波帯で(深さ200m程度に相当)比抵抗の増加が検知された。また、マグマ噴火の発生に伴って、これまでまったく変化しなかった20Hz程度の帯域(深さ100m程度に相当)において比抵抗が増大した。これらの変化は、火口底の地下およそ200mに存在する熱水たまりの気相/液相比が増大したために比抵抗が大きくなった、またマグマ噴火に伴い、それ以浅の領域も高温になったためと考えられる(論文9,14)。こうした結果は、世界で初めて得られたものであり、電磁気観測により火山体浅部におけるマグマやマグマ起源の火山ガスの移動を検知できる可能性を示している。

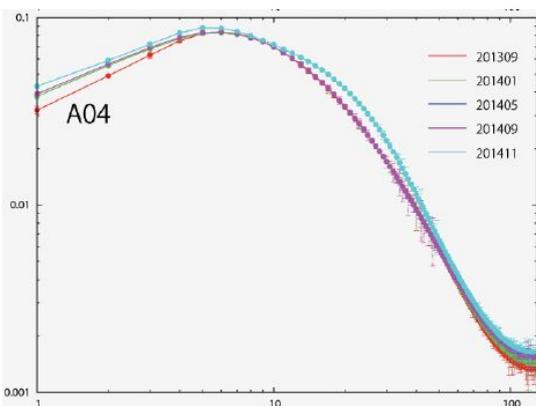


図2 阿蘇中岳における繰り返し高精度電磁気探査によって検知された比抵抗の時間変化。横軸は周波数(Hz)、縦軸は比抵抗に相当する数値。

(4) 電磁気構造観測によって得られる電気伝導度は、岩石と間隙流体の電気伝導度によって規定されるバルクの値である。帯水層を介して散逸する揮発性成分の量を推定するには間隙水の電気伝導度を知る必要がある。水温が40程度の低温の温泉水を含む岩石については、本研究者らの研究でその手法が開

発されていたが、岩石が熱水に曝された場合については未開発であった。熱水に曝された掘削コア試料について既知の電気伝導度有する間隙水を入れた状態で電気伝導度を測定した結果、100-150程度の熱水に曝された試料の界面伝導度は、未変質のそれに比べ2桁程度増加する一方、150-200程度の熱水に曝された試料の界面伝導度は、100-150の場合よりも逆に半~1桁程度低下することが分かった。これらの界面伝導度の変化は、高導電性の熱水変質鉱物であるsmectiteの安定条件と極めて良い一致を示した(論文5)。この研究により、火山体の電気伝導度構造の定量的解釈は大きく前進した。次に、帯水層下部から既知の溶存成分を持つ流体が供給され、既知の天水が地表から加わる条件下で電気伝導度分布を計算する手法を開発した。この手法を雲仙火山の電気伝導度構造に適用し、火山ガスの散逸量を推定した。その結果、雲仙火山ではマグマの含水率を数wt%減少させる脱ガスが熱水系を通じて起きていると推定された(論文2)。この結果は、近年(15万年)の雲仙火山の活動が、非爆発的な溶岩ドーム噴火となっていることと整合的である。この研究は、電磁気学的手法によりマグマ脱ガスと火山活動の様式との関係を定量的に評価することに成功した例である。

(5) 阿蘇火山、九重火山、由布・鶴見・伽藍火山、霧島火山において、VLF-MTによる表層電気伝導度分布調査および温泉・湧水調査を行った。その結果、阿蘇火山では、熱的活動が活発な中岳や中央火口丘群西部から周辺部にかけて高電気伝導度領域が広がる結果が得られた(論文13,学会発表8)。九重火山では、火山体の山麓部に高電気伝導度領域の広がりが見られるほか、大分熊本構造線や別府万年山断層などに沿う高電気伝導度領域が見られた(論文3,11)。同様の傾向は、由布・鶴見・伽藍岳周辺や霧島火山周辺にも見られた(学会発表1)。こうした結果は、多くの火山周辺に揮発性成分が散逸していることを示し、その量は高電気伝導度域の面積と正の相関がみられるようであるが、断層などの構造に沿う高電気伝導度域も見られるので、高電気伝導度域の広がりから揮発性成分の散逸量を推定するには問題があることが分かった。

(6) これらの成果をふまえて、マグマからの揮発性成分の散逸と「噴火未遂」との関係を検討した結果、マグマがやや深い場所に滞留しているなかで、より浅部に高温の火山ガスが移動し、噴気活動や温泉活動を維持しているという構造の特徴が明らかとなった(論文1など)。マグマからの揮発性成分の散逸量と噴火未遂の発生確率などについての議論はまだできる状況ではないが、火山体の電気伝導度構造から揮発性成分の散逸量を推定する手法が開発され、1火山だけではあるが、雲仙火山の非爆発的噴火卓越という特性と

整合的な結果を得ることができ、同様の手法を他の火山に抵抗することで、噴火未遂に関する理解がさらに深まる筋道はできたと評価できる(論文2)。

#### 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19件)

1. Komori, S., Utsugi, M., Kagiyama, T., Inoue, H., Chen, C-H., Chiang, H-T., Chao, B-F., Yoshimura, R. and Kanda, W., Hydrothermal system in the Tatun Volcano Group, northern Taiwan, inferred from crustal resistivity structure by audio-magnetotellurics, *Progress in Earth and Planetary Science* 2014, 1:20, doi:10.1186/s40645-014-0020-7
2. Komori, S., Kagiyama, T., Fairley, J.P., Possibility of effective magma degassing into groundwater flow systems beneath Unzen volcanic area, SW Japan, inferred from the evaluation of volcanic gas fluxes using electrical conductivity structures, *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 283, 73-81, 2014. doi:10.1016/j.jvolgeores.2014.05.024
3. 鍵山恒臣・宇津木 充・吉川 慎, 大分県九重町周辺の表層電気伝導度分布, 大分県温泉調査研究会報告, 65, 51-56, 2014.
4. Ohsawa, S., Sugimori, K., Yamauchi, H., Koeda, T., Inaba, H., Kataoka, Y. and Kagiyama, T., Brownish discoloration of the summit crater lake of Mt. Shinmoe-dake, Kirishima Volcano, Japan: volcanic-microbial coupled origin, *Bull Volcanol.*, 76:809, 2014, doi: 10.1007/s00445-014-0809-7
5. Komori, S., Kagiyama, T., Takakura, S., Ohsawa, S., Mimura, M. and Mogi, T., Effect of the hydrothermal alteration on the surface conductivity of rock matrix: comparative study between relatively-high and low temperature hydrothermal systems, *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 264, 164-171, 2013. doi:10.1016/j.jvolgeores.2013.08.009
6. 大沢信二・李曉芬・梁碧清・小森省吾・陳中華・鍵山恒臣, 台湾・大屯火山群の酸性温泉の地球化学的特徴と起源, *温泉科学*, 62, 282-293, 2013.
7. Komori, S., Kagiyama, T., Utsugi, M., Inoue, H. and Azuhata, I., Two-dimensional resistivity structure of Unzen Volcano revealed by AMT and MT surveys, *Earth, Planets and Space*, 65, 759-766, 2013.
8. 鍵山恒臣・宇津木 充・吉川 慎, 九重火山群北麓周辺の表層電気伝導度分布, 大分県温泉調査研究会報告, 64, 53-56, 2013.
9. Utsugi, M., Tokumoto, N., Kagiyama, T. and Inoue, H., The temporal changes of the shallower resistivity structure associated with the eruption on 2011 of Aso Volcano, *Annual Rep. Inst. Geotherm. Sci. Kyoto Univ.*, FY2012, 28-29, 2013.
10. Utsugi, M., Asano, T., Kagiyama, T., Komori, S., and Inoue, H., The electrical resistivity structure of Aso volcano inferred from broadband MT surveys, *Annual Rep. Inst. Geotherm. Sci. Kyoto Univ.*, FY2011, 37-40, 2012.
11. 鍵山恒臣・宇津木 充・吉川 慎, 九重火山群北麓・阿蘇野周辺の表層電気伝導度分布, 大分県温泉調査研究会報告, 63, 19-22, 2012.
12. 鍵山恒臣・横尾亮彦, 噴火未遂の視点で見る阿蘇中岳の活動, *月刊地球*, 34, 704-705, 2012.
13. 鍵山恒臣・吉川 慎・宇津木 充・浅野剛, 阿蘇カルデラ北部における表層電気伝導度分布, *月刊地球*, 34, 650-658, 2012.
14. 宇津木 充・徳本直明・鍵山恒臣・井上寛之・小山崇夫, Active 観測による阿蘇中岳第一火口浅部比抵抗モニタリング, *月刊地球*, 34, 738-744, 2012.
15. 小森省吾・鍵山恒臣・Jerry Fairley・宇津木 充, 電気伝導度構造を用いた揮発性物質放出フラックス推定法の開発と阿蘇火山への適用例, *月刊地球*, 34, 745-752, 2012.
16. 大沢信二・齋藤武士・下林典正, 阿蘇火山中岳の火口湖「湯溜り」の湖底溶融硫黄について, *月刊地球*, 34, 685-690, 2012.

[学会発表](計40件)

1. 鍵山恒臣・宇津木充・吉川慎, 中部九州火山地域周辺における表層電気伝導度分布, 地球惑星科学連合2015年大会(千葉市幕張メッセ, 2015年5月24日~5月28日)
2. 鍵山恒臣・吉川 慎・宇津木充, 九重火山群周辺の表層電気伝導度分布, 日本火山学会秋季大会(福岡大学, 2014年11月2日~11月4日)
3. 小森省吾・趙 丰・鍵山恒臣, 台湾北部・大屯火山群における熱水流体挙動の定量的評価に関する研究, 日本火山学会秋季大会(福岡大学, 2014年11月2日~11月4日)
4. 宇津木充・鍵山恒臣・井上寛之, ACTIVEによる阿蘇中岳火口における繰り返し比抵抗観測(2011年~2014年の観測結果について), 日本火山学会秋季大会(福岡大学, 2014年11月2日~11月4日)
5. Kagiyama, T., Utsugi, M., Komori, S., Yoshikawa, S. and Chen, C-H., How do we prepare for low-frequency & large eruption in the future?, *International Workshop 2014*

- on Mt. Tatum (Taipei, 2014 年 9 月 24 日 ~ 26 日).
6. Komori, S., Utsugi, M., Kagiyama, T., Inoue, H., Chen, C-H., Chiang, H-T., Chao, B-F., Yoshimura, R. and Kanda, W., Hydrothermal system in the Tatum Volcano Group, inferred from crustal resistivity structure by audio-magnetotellurics, International Workshop 2014 on Mt. Tatum (Taipei, 2014 年 9 月 24 日 ~ 26 日).
  7. Utsugi, M., Monitoring of volcanic activities by the electro-magnetic observations, International Workshop 2014 on Mt. Tatum (Taipei, 2014 年 9 月 24 日 ~ 26 日).
  8. 鍵山恒臣・吉川 慎・宇津木充, 阿蘇カルデラにおける表層電気伝導度分布, 地球惑星科学連合 2014 年大会 (横浜市パシフィコ横浜 2014 年 4 月 28 日 ~ 5 月 2 日)
  9. 小森省吾・宇津木充・鍵山恒臣・井上寛之・陳 中華・江 協堂・吉村令慧・神田 径, 比抵抗構造で見る台湾北部・大屯火山群の熱水系, 地球惑星科学連合 2014 年大会 (横浜市パシフィコ横浜 2014 年 4 月 28 日 ~ 5 月 2 日)
  10. 小森省吾・鍵山恒臣・フェアリー ジェリー, マグマの脱ガスフラックス推定のための電気伝導度構造の利用, 地球惑星科学連合 2014 年大会 (横浜市パシフィコ横浜 2014 年 4 月 28 日 ~ 5 月 2 日)
  11. 宇津木充・鍵山恒臣・早河秀章・井上寛之, 2014 年阿蘇火山活動活性化に伴う浅部比抵抗の時間変化について, 地球惑星科学連合 2014 年大会 (横浜市パシフィコ横浜 2014 年 4 月 28 日 ~ 5 月 2 日)
  12. Kagiyama, T., Risk on geothermal activity dominant volcanoes and mitigation of volcanic hazard, National Taiwan University – Kyoto University Symposium 2013 (Taipei, 2013 年 12 月 19 日 ~ 20 日)
  13. Ohsawa, S., Lee, H-F., Liang, B., Komori, S., Chen, C-H. and Kagiyama, T., Origins of acid hot spring waters in Tatum Volcanic Group, Taiwan, as inferred from  $\delta^{34}\text{S}$  in sulfate, National Taiwan University – Kyoto University Symposium 2013 (Taipei, 2013 年 12 月 19 日 ~ 20 日)
  14. Utsugi, M., Repeated resistivity monitoring using ACTIVE observation system on Nakadake crater, Aso volcano, Japan, National Taiwan University – Kyoto University Symposium 2013 (Taipei, 2013 年 12 月 19 日 ~ 20 日)
  15. 鍵山恒臣, 噴火未遂と低頻度大規模噴火 - 地熱活動卓越型火山活動の視点から -, 神奈川県温泉地学研究所研究会 2013 年 10 月 15 日 (招待講演)
  16. 小森省吾・宇津木充・鍵山恒臣・井上寛之・陳 中華・江 協堂, 台湾北部七星山・馬槽・大油坑地域における浅部比抵抗構造 - 熱水流動形態との関係 -, 日本火山学会秋季大会, 福島県猪苗代町, 2013 年 10 月 14 日 ~ 10 月 16 日
  17. 小森省吾・鍵山恒臣・高倉伸一・大沢信二・三村 衛・茂木 透, 熱水変質が母岩の表面伝導度に与える影響の定量的検討 - 低温熱水系と(やや)高温熱水系との比較研究 -, 日本火山学会秋季大会, 福島県猪苗代町, 2013 年 10 月 14 日 ~ 10 月 16 日
  18. 宇津木充・徳本直明・鍵山恒臣・井上寛之, ACTIVE による阿蘇中岳火口における繰り返し比抵抗観測, 日本火山学会秋季大会, 福島県猪苗代町, 2013 年 10 月 14 日 ~ 10 月 16 日
  19. Kagiyama, T., Utsugi, M., Yoshikawa, S. and Inoue, H., Electromagnetic evidence of movement of hydrothermal water around Naka-dake Craters, Aso Volcanic Group, Japan, IAVCEI Commission on Volcanic Lakes 8th Workshop on Volcanic Lakes (阿蘇火山, 2013 年 7 月 26 日 ~ 28 日)
  20. Kagiyama, T., Utsugi, M., Yoshikawa, S. and Komori, S., Conductivity distribution of the surface layer in the northern Aso Caldera, IAVCEI 2013 Scientific Assembly, (2013 年 7 月 20 日 ~ 24 日, 鹿児島市)
  21. Komori, S., Kagiyama, T. and Fairley, J. P., New approach to evaluating the mass flux of volcanic fluids using the electrical conductivity structure of a volcano: application to Unzen volcano, SW Japan, IAVCEI 2013 Scientific Assembly, (2013 年 7 月 20 日 ~ 24 日, 鹿児島市)
  22. Komori, S., Utsugi, M., Kagiyama, T., Inoue, H., Chen, C-H. and Chang, H-T, Resistivity structure around Chishinshan volcano area in Tatum Volcano Group, northern Taiwan, revealed by AMT surveys, IAVCEI 2013 Scientific Assembly, (2013 年 7 月 20 日 ~ 24 日, 鹿児島市)
  23. Utsugi, M., Tokumoto, N., Kagiyama, T., Komori, S., Koyama, T., The temporal changes of the shallower resistivity structure associated with the eruption on 2011 at Aso volcano, Japan, IAVCEI 2013 Scientific Assembly, (2013 年 7 月 20 日 ~ 24 日, 鹿児島市)
  24. 鍵山恒臣・宇津木充・吉川 慎・小森省吾, 活火山周辺における表層電気伝導度分布, 地球惑星科学連合 2013 年大会 (幕張メッセ千葉市 2013 年 05 月 19 日 ~ 05 月 24 日)
  25. 小森省吾・宇津木充・鍵山恒臣・井上寛之・陳 中華・江 協堂, AMT 法による台湾北部, 七星山・馬槽・大油坑地域における比抵抗構造調査, 地球惑星科学連合 2013 年大会 (幕張メッセ千葉市 2013 年 05 月 19 日 ~ 05 月 24 日)

26. 宇津木充・徳本直明・鍵山恒臣・小森省吾・浅野剛・小山崇夫, 2011 年阿蘇火山小規模噴火に伴う浅部比抵抗の時間変化について, 地球惑星科学連合 2013 年大会(幕張メッセ千葉市 2013 年 05 月 19 日~05 月 24 日)
27. 鍵山恒臣・吉川慎・宇津木充・大沢信二・三島壮智・井上寛之, 霧島火山群周辺の表層電気伝導度分布, 日本火山学会秋季大会, 長野県御代田町エコールみよた, 2012 年 10 月 14 日~10 月 16 日
28. 小森省吾・鍵山恒臣・Jelly Fairley, 電気伝導度構造を用いた揮発性物質フラックス推定の試み - 手法の改良と火山地域への適用, 日本火山学会秋季大会, 長野県御代田町エコールみよた, 2012 年 10 月 14 日~10 月 16 日
29. 徳本直明・宇津木充・鍵山恒臣・井上寛之・小森省吾・浅野剛・小山崇夫, ACTIVE 観測による阿蘇火山中岳周辺の浅部比抵抗の時間変化, 日本火山学会秋季大会, 長野県御代田町エコールみよた, 2012 年 10 月 14 日~10 月 16 日
30. 鍵山恒臣・吉川慎・宇津木充・大沢信二・三島壮智・井上寛之・小森省吾, 霧島火山群周辺の表層電気伝導度分布 - 噴火未遂の視点から, 地球惑星科学連合 2012 年大会(幕張メッセ千葉市 2012 年 05 月 20 日~2012 年 05 月 25 日)
31. 小森省吾・鍵山恒臣・ジェリーフェアリー, 火山体の電気伝導度構造を利用した揮発性物質フラックスの推定 - 活動様式の異なる火山間の比較, 地球惑星科学連合 2012 年大会(幕張メッセ千葉市 2012 年 05 月 20 日~2012 年 05 月 25 日)
32. 宇津木充・鍵山恒臣・陳中華・神田径・吉村令慧・浅野剛・徳本直明・井上寛之・吉川慎, 台湾・大屯火山群における MT 観測, 地球惑星科学連合 2012 年大会(幕張メッセ千葉市 2012 年 05 月 20 日~2012 年 05 月 25 日)
33. 浅野剛・宇津木充・鍵山恒臣・小森省吾・井上寛之, 広帯域 MT 観測から推定される阿蘇火山の比抵抗構造, 地球惑星科学連合 2012 年大会(幕張メッセ千葉市 2012 年 05 月 20 日~2012 年 05 月 25 日)
34. 小森省吾・鍵山恒臣・ジェリーフェアリー, 火山体の電気伝導度構造を用いた揮発性物質フラックス推定の試み: 雲仙火山を例に, 日本地熱学会平成 23 年度学術講演会(メディポリス指宿 指宿市 2011 年 11 月 09 日~2011 年 11 月 11 日)
35. 浅野剛・宇津木充・鍵山恒臣・井上寛之, 広帯域 MT 法による阿蘇カルデラの比抵抗構造探査, 日本火山学会秋季大会, 旭川市, 2011 年 10 月 9-11 日
36. 徳本直明・宇津木充・鍵山恒臣・井上寛之・小森省吾・浅野剛・小山崇夫, 阿蘇火山中岳周辺の ACTIVE 探査による浅部比抵抗の時間変化, 日本火山学会秋

- 季大会, 旭川市, 2011 年 10 月 9-11 日
37. 小森省吾・鍵山恒臣・Jelly Fairley, 火山体の電気伝導度構造を用いた揮発性物質フラックス推定の試み, 地球惑星科学連合 2011 年大会(千葉市幕張メッセ 2011 年 5 月 22-27 日)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

鍵山 恒臣 (KAGIYAMA TSUNEOMI)  
京都大学・大学院理学研究科・教授  
研究者番号: 50126025

### (2) 研究分担者

宇津木 充 (UTSUGI MITSURU)  
京都大学・大学院理学研究科・助教  
研究者番号: 10372559

大沢 信二 (OHSAWA SHINJI)  
京都大学・大学院理学研究科・教授  
研究者番号: 30243009

### (3) 連携研究者

神田 径 (KANDA WATARU)  
東京工業大学・火山流体研究センター・  
准教授  
研究者番号: 00301755