

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 9 月 26 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2013～2016

課題番号：25287141

研究課題名(和文) 非平衡緩和現象を利用した火山噴火推移の物質科学的モニタリング手法の開発

研究課題名(英文) Development of monitoring methods for volcanic eruption transition based on analyses of disequilibrium record of erupted materials

研究代表者

中村 美千彦 (Nakamura, Michihiko)

東北大学・理学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：70260528

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,300,000円

研究成果の概要(和文)：火道浅部での噴火様式の分岐条件を理解するため、2011年新燃岳噴出物の記載岩石学的研究を行った。爆発性の異なる噴火の噴出物は、マイクロライトでは区別がつかないものの、ナノライトの鉱物組み合わせによって明確に区別されることがわかった。さらに、石質岩片の中に、20～30 nm以下のウルトラナノライトを発見した。また安山岩質軽石の加熱実験を行い、界面張力により駆動される発泡組織の緩和を調べた。実験産物の内部空隙構造は1000℃で数十分以下で緩和し、自己圧密を起こして低連結性の構造となった。この時間スケールは活発なブルカノ式爆発の間隔に相当し、過剰圧蓄積メカニズムに関与すると考えられる。

研究成果の概要(英文)：In order to understand the physicochemical conditions of eruption style transition in the shallow conduit, we carried out petrographic study of the products of the 2011 Shinmoedake eruption. The products formed by different explosivity can be distinguished clearly by their mineral assemblage of nanolites, although they have similar microlite characteristics. We further found pyroxene and magnetite crystals smaller than 20-30 nm in width in the lithic fragments: we defined these crystals as ultrananolites. We also investigated the interfacial tension-driven microstructural relaxation of foamed magma by heating andesitic pumices. Internal pore microstructures of run products relaxed significantly in < 20-30 min at 1000 °C through self-contraction to form low connectivity structure. This timescale corresponds to the interval of some active vulcanian explosions. The self-contraction may contribute to accumulate excess gas pressure for vulcanian explosions.

研究分野：火山学、岩石学

キーワード：火山噴火 噴火様式 石基 マイクロライト ナノライト 表面張力 気泡 ブルカノ式噴火

1. 研究開始当初の背景

(1) 開口火道を持つ火山活動の重要性

世界各地で高頻度に噴火し、集中観測の対象にもなっている活火山には、一定間隔で溶岩ドームを形成したり、プルカノ式の爆発を繰り返すタイプの安山岩質マグマの火山が多い。このように定常的にマグマを噴出している火山では、地表へ通じるマグマの通り道（開口火道）が確立されており、地殻を破壊して火道を作りながらマグマが上昇する場合に比べ、震源移動の観測でマグマの動きを捉え難いという問題がある。逆に、このような火山では継続してマグマを噴出するため、先行して噴出したマグマの物質科学的な性質を継続的に調べることで、地下にあるマグマの物理化学的状態の変化を推定することができる。このような噴出物の物質科学的なモニタリングが、傾斜計や重力計のデータと共に、開口火道を持つ火山活動の推移を調べる上で極めて重要となる。近年日本でも桜島・霧島新燃岳などの開口火道を持つ火山の活動が活発化しており、今後の活動の推移を予測する研究手法の重要性はますます高まっている。

(2) 国内外の研究動向

火山噴火の防滅災では、噴火の開始予知と並んで、開始後の推移予測が極めて重要となっている。そのため、溶岩の流下や噴煙の拡散などを噴火の発生とほぼ同時に予測する準リアルタイム火山学が国内外で急速に発達してきている。噴出物を用いた研究は、解析のリアルタイム性では地表面現象の計算には劣るものの、広義にはこの範疇に属し、マグマが地表に現れる以前の状態を予測できるという強みを持つ。

(3) 物質科学的手法の動向

これまでマグマの上昇過程を調べる方法として、主に含水マグマのリキダス上昇を利用したマイクロライト（石基の μm ~ 数 $10 \mu\text{m}$ サイズの微小結晶）の結晶作用が利用されてきた。実際、マイクロライト減圧速度計は、マグマの上昇速度を桁で見積もることに成功し、プリニー式噴火（高い噴煙柱を形成する大規模軽石噴火）と、溶岩ドームや溶岩流を噴出する比較的穏やかな噴火のそれぞれで、上昇速度（の相違）を検出することに成功している。しかし、同じ爆発的な噴火の中でも、より頻度の高い準プリニー式やプルカノ式噴火の場合には、地殻浅部までのマグマ上昇速度は、マイクロライトで見る限り、溶岩噴火と区別できない事例が報告されている。これは、マイクロライト速度計が、これらの噴火様式の違いを見分ける分解能を持たないことを示しており、浅部のマグマプロセスに対して敏感な、新しい物質科学的速度計が必要とされている。研究代表者らのこれまでの研究（流動するマグマの浸透率に対する剪断変形の効果など）を通じて、噴火様式の最初の分岐を支配する、マグマの脱ガス機構は、その大枠が明らかになってきたとこ

ろである。

2. 研究の目的

そこで本研究では、その次の分岐点を決定するメカニズムを解明することで、進行中の火山活動が、将来、分岐条件をまたぐかどうかを、噴出物から予測する手法の基礎を構築する。プリニー式噴火のように、マグマがごく短時間で地殻浅部を通過してしまう場合には、マグマの結晶作用や化学反応などが減圧に応答する間もなく急冷してしまう場合も少なくない。一方、プルカノ式～溶岩ドーム形成のように、マグマが地殻浅部を比較的ゆっくり上昇する、あるいは一旦定置する噴火では、結晶のさらなる晶出や、気泡組織の変化などの、減圧によって生じた“非平衡状態の緩和過程”が進行する。本研究ではこのような過程のうち、噴火の推移予測の手法として有望であり、噴火様式の決定要因を理解するためにも重要な、下記の(A)(B)二点に焦点を絞る。

(A) マグマの定置条件を反映した“ナノライト”結晶作用の研究：含水マグマが高温を保ったまま地表付近に定置すると、脱水によってリキダスが上昇し、大きな過冷却状態となった含水マグマの結晶化が急激に起こり、マイクロライトよりもさらに細粒で結晶核生成率と結晶成長速度が大きい“ナノライト”が生成する。ナノライトはマイクロライトとは結晶サイズ(CSD)プロット上で区別される。本研究では、噴火経緯が詳細に観測されている霧島新燃岳などの火山から、異なる噴火様式で噴出した物質（火山灰・軽石・溶岩片）に含まれる、ナノライトの高分解能CSD測定からカイネティックパラメタ（核形成・成長速度）を求め、過冷却度の発達過程を考察する。あわせてナノライトの結晶化実験を行い、数密度のみならず、結晶形状の過冷却度依存性を求める。これらに基づき、噴火過程での過冷却度の発達過程、すなわちマグマの上昇過程を明らかにする。

(B) 発泡組織の緩和によるガス過剰圧蓄積作用の研究：火道浅部で定置・滞留したマグマでは、剪断変形が停止し、表面張力による発泡組織の形状緩和（気泡の球状化と合体）によって空隙ネットワークが切断されて浸透率が低下すると考えられる。これは、過飽和となっていた揮発性成分のメルトからの析出とも相まって気泡の過剰圧を増加させ、プルカノ式噴火の圧力源とされている“ガスだまり(gas pocket)”や、溶岩ドームの自爆性を生むと考えられる。本研究では、火道浅部（<数十気圧）の条件でマグマ中の気泡の形状緩和実験を行い、発泡組織の緩和時間と、観測されるプルカノ式噴火の間隔とを比較して、爆発の圧力源としてのガス溜りの実態と形成プロセスを明らかにする。気泡組織の緩和とナノライト結晶作用は同時に進行するプロセスであり、ナノライトの晶出によってメルト粘性が増大し、形状緩和過程

に影響すると考えられる。

3. 研究の方法

浅部火道への上昇（減圧）・滞留によって生じた大過冷却状態の含水マグマからナノライトが晶出する速度を、天然試料の結晶サイズ分布(CSD)の解析と、結晶化実験の両面から定量化する。同時に行うことができる発泡組織の緩和実験に基づいて、マグマの流動変形が停止してから、気泡が孤立し連結度が低下してガス過剰圧が蓄積されるまでの時間を求める。これらの時定数を地球物理観測と比較し、爆発の駆動力となる過剰圧の蓄積機構を明らかにするとともに、最近の噴火事例において、マグマの浅部滞留時間と、爆発性の異なる噴火様式（準プリニー式・ブルカノ式・溶岩噴火）との対応関係を求める。これにより、開口火道を持つ火山で、継続的に噴出する本質物質の特徴から噴火の推移を予測する、物質科学的モニタリング手法の基礎を構築する。

4. 研究成果

(1)霧島火山・新燃岳 2011 年噴火の準プリニー式噴火軽石・ブルカノ式噴火軽石・石質岩片を用い、電界放出型走査電子顕微鏡（FE-SEM）により鉱物ごとの結晶サイズ分布(CSD)を測定し、CSD 理論に基づいて核生成率・成長速度×滞留時間を導出した。また、透過型電子顕微鏡（TEM）により結晶学的な相同定・固溶体組成の決定を行い、輝石ナノライトは斜方輝石とサブカルシックオーゾイトの連晶からなることなどが見出された。これは、急成長した非平衡な輝石はピジョナイト組成を持つという従来の定説を覆すものである。なお両者を平均するとピジョナイト組成となることから、従来の EPMA 分析の空間分解能が不足していた可能性もある。

(2) TEM 観察により、マイクロライトよりもさらに細粒で、より地表近くの大きな過飽和条件下で核形成・成長したと考えられる、最小で 1nm サイズの磁鉄鉱ウルトラナノライト（小さいものは非晶質の可能性もある）、数十 nm サイズの輝石のウルトラナノライトを発見した。これらはブルカノ式噴火で破碎し噴出した一部の石質岩片に含まれる（図 1）。



図 1 ウルトラナノライトの透過電子顕微鏡像

(3) チタン磁鉄鉱は磁性鉱物であるので、磁鉄鉱ナノライトの存在を迅速に判定する手法として、火山灰や軽石・スコリアの初期帯磁率が応用できる可能性がある。それを検証するため、通常は緻密な岩石に対して用いる帯磁率計を用いて、火山灰状の粉末試料の帯磁率を迅速に測定する手法を検討し、確立した。さらに、阿蘇・桜島・富士・浅間火山などの軽石・スコリア・火山灰の帯磁率について測定例を増やした。その結果、火砕物の帯磁率は、全般的傾向としては、安山岩で高く、さらに一回の爆発の噴出物であっても、噴出順に応じて変化する場合があることがわかった。帯磁率の起源としては、ラメラが析出した斑晶の寄与が大きい可能性が残るものの、火砕物の帯磁率は、地質調査において、火山層序の判別に応用できるのみならず、噴火時のマグマ組成やマグマの上昇過程の変化を敏感に捉える道具になる可能性があることが明らかとなった。

(4) シリカガラスチューブを用いた高温封圧下での火山ガラス結晶化実験では、火道浅部条件に相当する 6 MPa の水蒸気圧での結晶化実験により、水蒸気圧・時間・温度による結晶度・結晶数密度を定量化した。その結果、実験条件に応じて敏感にナノライト形状が変化することがわかり、水蒸気圧と実験時間についての概要が掴めたので、さらにマイクロオーダーの研磨と観察を繰り返すリアルセクションング法によって、その三次元形態を正確に把握した。また、微小な樹枝状ナノライト結晶の三次元的な形状を明らかにするために、X 線マイクロトモグラフィによる撮影を試みた。その結果、斜長石の形状の特徴を、過冷却度と成長時間によってまとめることができ、また桜島火山の火山灰と比較し、マグマの上昇速度の判別に使える可能性があることが判明した。

(5) 気泡形状緩和による過剰圧発生機構の研究において、ブルカノ式爆発に必要な、火道浅部での過剰圧の蓄積機構を調べるため、ネットワーク状の気泡を持つ軽石を出発物質として選び、火道浅部に対応する圧力・温度で加熱実験を行った。実験の前後で試料の

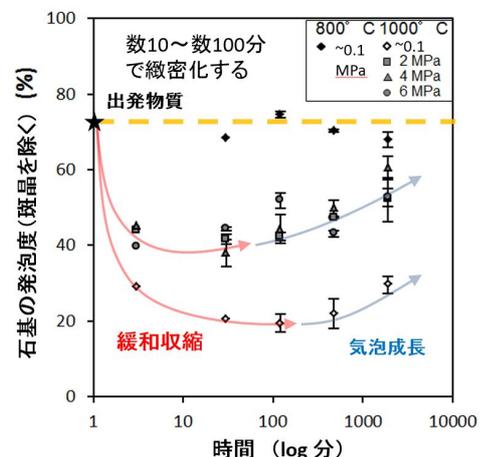


図2 形状緩和による発泡度変化
含水量・発泡度・気泡の形状・サイズ分布・

連結度の変化速度を測定するとともに(図2) X線CTによる3次元組織解析を行ったところ、重力の作用ではなく、試料表面に連結した空隙が緩和することによる空隙率の低下が起こることを見出した。この現象を、自己圧密と名付けた。また、形状緩和による連結空隙の消滅速度を決定した。

(6) 不均質な発泡構造を持つマグマでは、表面張力による自己圧密が発生するユニットが多数形成され、メルトが雫状の形態をとって、ホストとゲストの関係がガスとメルトとで局所的に入れ替わること、そして雫状メルトの間に、連結度の高い空隙が形成されること、さらに重力による圧密で、このような空隙は速やかに閉鎖することが見出された。安山岩質メルトでは、1000 で数十分以内にこのような形状緩和が進行することが明らかとなり、諏訪瀬島やセメル火山の活動期の爆発間隔が説明できることがわかった。この結果を、低浸透性のマグマが火道上部に「蓋」をして、過剰圧が蓄積されるメカニズムとして提案した。

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27件)

Maeno, F., Nakada, S., Yoshimoto, M., Shimano, T., Hokanishi, N., Zaennudin, A., Iguchi, M., A sequence of a plinian eruption preceded by dome destruction at Kelud volcano, Indonesia, on February 13, 2014, revealed from tephra fallout and pyroclastic density current deposits J. Geophys. Res. Solid Earth, 査読有、2017、In press

Maeno, F., Nakada, S., Oikawa, T., Yoshimoto, M., Komori, J., Ishizuka, Y., Takeshita, Y., Shimano, T., Kaneko, T., Nagai, M., Reconstruction of a phreatic eruption on 27 September 2014 at Ontake volcano, central Japan, based on proximal pyroclastic density current and fallout deposits, EPS, 査読有、2016、68.1、1-30 doi:10.1186/s40623-016-0449-6

Oikawa, T., Yoshimoto, M., Nakada, S., Maeno, F., Komori, J., Shimano, T., Takeshita, Y., Ishizuka, Y., Ishimine, Y., Reconstruction of the 2014 eruption sequence of Ontake Volcano from recorded images and interviews, EPS, 査読有、2016、68.1、79 doi:10.1186/s40623-016-0458-5

安井真也、浅間火山天明噴火(1783年)の噴出物の記載岩石学、日本大学文理学部自然科学研究所研究紀要、査読有、2016、51、231-255

<http://www.chs.nihon-u.ac.jp/institute/natur/natu/kiyou/2016/51/15.pdf>

安井真也・高橋正樹・河田倫明・金丸龍夫、草津白根火山の南東麓で見出された埋没岩屑なだれ堆積物、日本大学文理学部自然科学研究所研究紀要、査読有、2016、51、221-230

<http://www.chs.nihon-u.ac.jp/institute/nature/kiyou/2016/51/14.pdf>

Otsuki, S., Nakamura, M., Okumura, S., Sasaki, O., Interfacial tension-driven relaxation of magma foam: An experimental study, J. Geophys. Res. Solid Earth, 査読有, Vol. 120, 2015, pp.7403 - 7424, DOI: 10.1002/2015JB012391.

Okumura, S., Uesugi, K., Nakamura, M., Sasaki, O., Rheological transitions in high-temperature volcanic fault zones, J. Geophys. Res. Solid Earth, 査読有, Vol. 120, 2015, 2974 - 2987, DOI: 10.1002/2014JB011532

Miwa, T., Shimano, T., Nishimura, T., Characterization of the luminance and shape of ash particles at Sakurajima volcano, Japan, using CCD camera images, Bulletin of Volcanology, 査読有, Vol. 77, 2015, 5, DOI: 10.1007/s00445-014-0886

佐藤博明・嶋野岳人・石橋秀巳、噴火の終わり方、火山、査読有、60(2)巻、2015、257 - 263, http://doi.org/10.18940/kazan.60.2_257

安井真也、降下火砕堆積物からみた浅間前掛火山の大規模噴火、火山、査読有、60巻、2015、211 - 240, http://doi.org/10.18940/kazan.60.2_211

安井真也、高橋正樹、浅間前掛火山山頂部と黒斑火山崩壊カルデラ壁に記録された火砕噴火による安山岩質溶結火砕丘の形成、火山、査読有、60巻、2015、109 - 123, http://doi.org/10.18940/kazan.60.2_109

安井真也、32周年を迎えたキラウエア火山プウ・オーオー噴火、火山、査読有、60巻、2015、269 - 274, http://doi.org/10.18940/kazan.60.2_269

嶋野岳人、火山噴出物の特徴と試料採取、エアロゾル科学、査読有、30巻、2015、183 - 189, <http://doi.org/10.11203/jar.30.183>

Mujin, M. and Nakamura, M., A nanolite

record of eruption style transition, *Geology*,
査読有、2014、42、611 - 614,
DOI: 10.1130/G35553.1.

宮崎敏雄・山崎慎一・土屋範芳・奥村聡・
山田亮一・中村美千彦・長橋良隆・吉田武義、
偏光光学系方式のEDXRFによる火成岩全岩化
学組成分析、*岩石鉱物科学*、査読有、2014、
43、47 - 53,
<http://doi.org/10.2465/gkk.131224>

金子隆之・安田敦・嶋野岳人・吉本充宏・
藤井敏嗣、富士火山、太郎坊に露出する新期
スコリア層の全岩化学組成 - 富士黒土層形
成期付近を境とするマグマ供給系の変化 - 、
火山、査読有、59巻、2014、41 - 54,
http://doi.org/10.18940/kazan.59.2_41

Yoshimura, S. and Nakamura, M., Flux of
volcanic CO₂ emission estimated from melt
inclusions and fluid transport modelling,
Earth and Planetary Science Letters、査読
有、361巻、2013、497 - 503,
DOI: 10.1016/j.epsl.2012.11.020

Shimano, T., Nishimura, T., Chiga, N.,
Shibasaki, Y., Iguchi, M., Miki, D., and
Yokoo, A., Development of an automatic
volcanic ash sampling apparatus for active
volcanoes, *Bulletin of Volcanology*、査読有、
75巻、2013、773,
DOI: 10.1007/s00445-013-0773-7

Yasui, M., Takahashi, M., Shimada, J.,
Ishihara, K and Miki, D., Comparative
study of proximal eruptive events in the
large-scale eruptions of Sakurajima
Volcano: the An-ei vs. Taisho
eruption. Submitted to the special issue of
Sakurajima Volcano, *Bull. Volcanol. Soc.
Japan*、査読有、58巻、2013、59 - 76,
http://doi.org/10.18940/kazan.58.1_59

Suzuki, Y., Nagai, M., Maeno, F., Yasuda,
A., Hokanishi, N., Shimano, T., Ichihara,
M., Kaneko, T., and Nakada, S., Precursory
activity and evolution of the 2011 eruption
of Shinmoe-dake in Kirishima volcano -
insights from ash samples, *Earth Planets
Space*、査読有、65巻、2013、591 - 607
DOI: 10.5047/eps.2013.02.004

〔学会発表〕(計 29 件)

Taketo Shimano 他、Quantitative color
spectroscopy of ashfall samples as an
indicator of eruption styles: Comparison of
vulcanian and strombolian eruptions in
Indonesia and in Japan, *Cities on
Volcanoes 9*、2016 年 11 月 20 ~ 25 日、プエル
ルトバラス・チリ

嶋野岳人・中村美千彦・井口正人・三輪学
央、顕微可視分光システムによる火山灰粒子
の分類、*日本火山学会 2016 年秋季大会*、2016
年 10 月 13 ~ 15 日、富士吉田

Matsumoto K., Nakamura M., Pyrrhotite
Oxidation as an Indicator of Air
Entrainment into Eruption Columns,
American Geophysical Union Fall Meeting,
2015 年 12 月 14 ~ 18 日、San Francisco (ア
メリカ合衆国)

無盡真弓、中村美千彦、火道浅部で分岐し
た新燃岳 2011 年噴火の噴火様式：石基結晶
化過程の考察から、*日本火山学会 2015 年秋
季大会*、2015 年 9 月 28 ~ 30 日、富山

菅谷さりな、当間智盛、松本恵子、無盡真
弓、中村美千彦、高橋一徳、火砕物の初期帯
磁率：即時モニタリング可能な火山活動度指
標、*日本火山学会 2015 年秋季大会*、2015 年
9 月 28 ~ 30 日、富山

安井真也・高橋正樹、浅間前掛火山の山頂
部の地形と天仁噴火の火口近傍堆積物の層
序、*日本火山学会 2015 年秋季大会*、2015 年
9 月 28 ~ 30 日、富山

嶋野岳人・井口正人、降灰試料長期連続採
取と日毎降灰率の迅速見積、*日本火山学会
2015 年秋季大会*、2015 年 9 月 28 ~ 30 日、
富山

無盡真弓、中村美千彦、上杉健太郎、大槻
静香、新燃岳噴石に含まれる微小樹枝状石基
結晶の 3 次元観察、*日本鉱物科学会 2015 年
年会*、2015 年 9 月 25 ~ 27 日、東京

無盡真弓、中村美千彦、三宅亮、新燃岳 2011
年噴火噴出物中の石基ナノライトの鉱物学
的性質、*日本地球惑星科学連合 2015 年大会*、
2015 年 5 月 24 ~ 28 日、千葉

本郷結子、中村美千彦、奥村聡、無盡真弓、
浅間火山天仁噴火の降下火砕流堆積物の石
基組織、*日本地球惑星科学連合 2015 年大会*、
2015 年 5 月 24 ~ 28 日、千葉

Mujin, M., Nakamura, M., A nanolite
record of eruption style transition,
American Geophysical Union Fall Meeting,
2014 年 12 月 15 ~ 19 日、San Francisco, USA

中村美千彦、日本における火山学基礎研究
の課題、*日本火山学会 2014 年秋季大会*、2014
年 11 月 3 ~ 4 日、福岡

大槻静香・中村美千彦・奥村聡・佐々木理、
表面張力によるメルトフォームの組織緩和

実験：試料サイズ依存性、日本火山学会 2014 年秋季大会、2014 年 11 月 3～4 日、福岡

清水ひかる・奥村聡・中村美千彦、爆発的非爆発的噴火の遷移メカニズム：桜島大正噴火の軽石・本質岩片の比較から、日本火山学会 2014 年秋季大会、2014 年 11 月 3～4 日、福岡

嶋野岳人・井口正人・横尾亮彦、ブルカノ式噴火における降灰試料の短時間間隔連続採取、日本火山学会 2014 年秋季大会、2014 年 11 月 3～4 日、福岡

Shimano, T., Iguchi, M., Miki, D., Nishimura, T., Characteristics of time-series ash samples at Sakurajima and comparison with other volcanoes, Cities on Volcano 8, 2014 年 9 月 9～13 日, Jogyakarta, Indonesia

嶋野岳人・西村太志・井口正人・味喜大介、桜島火山昭和火口噴火における火山灰色と粒径の連続観測、日本地球惑星科学連合 2014 年大会、2014 年 5 月 2 日、横浜

黒田みなみ・山本大貴・橋省吾・中村美千彦・奥村聡・朝木美帆・石橋充子・坂本直哉・坂本尚義、シリケートガラス中での水の拡散における速度論的同位体効果、日本地球惑星科学連合 2014 年大会（招待講演）、2014 年 05 月 01 日、横浜

安井真也、浅間前掛火山の降下火砕堆積物からみた噴火推移の復元精度、日本地球惑星科学連合 2014 年大会、2014 年 5 月 1 日、横浜

Yoshimura, S., Nakamura, M., Yurimoto, H., Carbon dioxide in granitic magma under lower crustal conditions, Japan Geoscience Union Meeting 2014, 2014 年 4 月 28 日, Yokohama, JAPAN

⑭ Shimano, T., Iguchi, M., and Miki, D., Continuous survey of color and glass composition of ash particles by automatic sampling system at Sakurajima volcano, Japan, AGU fall meeting 2013, 2013 年 12 月 10 日, San Francisco, USA

⑮ 本郷結子・安井真也・高橋正樹・中村美千彦、浅間火山天仁噴火の降下火砕堆積物の石基組織、日本火山学会 2013 年度秋季大会、2013 年 9 月 29 日、猪苗代町

⑯ 無盡真弓・中村美千彦、噴火様式を記録するナノライト：新燃岳 2011 年噴火の例、日本火山学会 2013 年度秋季大会、2013 年 9 月 29 日、猪苗代町

⑰ 松本恵子・中村美千彦、桜島大正噴出物中の硫化物の酸化反応：組織の多様性と噴火様式との関係について、日本火山学会 2013 年度秋季大会、2013 年 9 月 29 日、猪苗代町

⑱ 無盡真弓・中村美千彦、噴火様式の推移を記録する石基ナノライト、日本鉱物科学会 2013 年年会、2013 年 09 月 13 日、筑波大学

⑳ 奥村聡・de Silva Shanaka・中村美千彦・佐々木理、気泡形成による高結晶度マグマの流動化、日本鉱物科学会 2013 年年会、2013 年 09 月 13 日、筑波大学

㉑ Ottavi-Pupier E., Darde B., Monnier L., Nakamura M., Okumura S., Tsuchiyama A., Uesugi M. & Uesugi K., CSD, Crystal Shape and Connectivity in Synthetic Basalt from 3D Reconstruction by X-Ray CT Image, Goldschmidt 2013 (招待講演) 2013 年 08 月 29 日、Florence, Italy

㉒ Shimano, T., Nishimura, T., and Iguchi, M., Continuous survey of ash particles by automatic sampling system, IAVCEI Scientific assembly 2013, 2013 年 7 月 21 日、Kagoshima, JAPAN

㉓ Maya Yasui, Syn-Plinian vigorous lava fountain in andesitic volcanoes: Case study of the Sakurajima 1914 and 1779 eruptions and the Asama 1783 eruption, Japan, IAVCEI Scientific assembly 2013, 2013 年 7 月 21 日、Kagoshima, JAPAN

〔図書〕(計 1 件)

嶋野岳人、古今書院、火山の鼓動をきく - 火山学のフィールドワーク、災害フィールドワーク論、9、100 万人のフィールドワーカーシリーズ、5、2014、150 - 168

6. 研究組織

(1) 研究代表者

中村 美千彦 (NAKAMURA, Michihiko)

東北大学・大学院理学研究科・教授

研究者番号：70260528

(2) 研究分担者

安井 真也 (YASUI, Maya)

日本大学・文理学部・准教授

研究者番号：90287566

嶋野 岳人 (SHIMANO, Taketo)

常葉大学・環境学研究科・准教授

研究者番号：70396894