

## 1 (4) 火山

「火山」計画推進部会長 中道治久  
(京都大学防災研究所)  
副部会長 前野 深  
(東京大学地震研究所)

火山の噴火災害を軽減するためには、火山噴火の発生の場所・規模・時期を予測することおよび火山噴火現象に対応する噴火災害の推移を予測することが重要である。またこれらの予測のためには、火山噴火現象を解明することも重要である。「火山」計画推進部会では、「火山活動の事象分岐の条件・論理を明らかにし、火山活動推移モデルを構築し、発災の原因である火山噴火を予測すること」を上位目標にすえ、低頻度で大規模な現象を含む火山現象の解明とモデル化、火山活動を支配する場の解明とモデル化、中長期的な火山活動の評価、観測手法の開発および体制の整備に関する研究を推進している。

### 1. 地震・火山現象の解明のための研究

#### (1) 地震・火山現象に関する史料・考古データ、地質データ等の収集と解析

##### ウ. 地質データ等の収集・集成と分析

長期間における火山現象とそれに伴う災害を正確に把握するためには、地質データ等を収集して調査・分析を行い、そのデータベースを整備・拡充することが重要である。マグマの状態と噴火様式の関連性を調べるために、およそ 2900 年前に発生した富士火山御殿場山体崩壊後の噴出物を対象として、斑晶、メルト包有物 (MI)、石基ガラス組成の分析が行われ、全岩化学組成と合わせてマグマ供給系の時間発展について考察された (東京大学地震研究所 [課題番号: ERI\_02])。山体崩壊直後のサンプルの斑晶組成と MI 組成の分析からは、斑晶の結晶化および MI の捕獲がマグマ上昇中に起きたことを示すことから、崩壊による荷重減少のために、この期間はマグマの噴出経路が確立し容易に噴火しやすい状態であったと推定された。さらに分析結果は、時間経過とともに深部マグマ溜まりでの結晶分化がしだいに卓越したことを示すことから、山体崩壊の影響がしだいに弱まり火道内で結晶化が起りやすくなりマグマが上昇しにくくなったため、噴火のトリガーとしてマグマ溜まりでの浮力獲得の影響がしだいに大きくなったというモデルを提案された。約 7600 年前の摩周カルデラ形成期の降下火砕物 (Ma-g~i) を対象に、採取試料の湿式分析と放射光分析が実施され、Fe 元素に由来する放射光スペクトルから  $Fe^{3+}/Fe^{2+}$  を推定するための検量線を作成された (公募研究 [課題番号: KOB021])。検量線をもとに降下火砕物の層序毎の  $Fe^{3+}/Fe^{2+}$  の検討の結果、Ma-i から Ma-h の層順で  $Fe^{3+}/Fe^{2+}$  が系統的に変化することが見出された。草津白根山の露頭から採取された完新世テフラを対象に岩石磁気分析が行われた (富山大学 [課題番号: TYM\_01])。その結果、初磁化率の温度変化を中心とした岩石磁気分析で熱水変質鉱物を同定することにより噴火様式を推定できる可能性が見出された。また、白根火砕丘群北側標高 2048 m と標高 2106 m の 2 地点のテフラ調査、土壌の放射性炭素年代測定お

よびテフラのX線回折分析が実施され、2048 m 地点のサンプルからは約 5400～1700 年前、2106 m のサンプルからは約 7600 年前および約 700 年前の年代値が得られた。前者の堆積物に対しては酸性熱水変質帯に由来する熱水変質鉱物に富むテフラも見出された。将来噴火する可能性の高い活火山の中長期的活動評価と予測のため、火山の地質図作成が進められ、日光白根及び三岳火山地質図が出版されたほか、秋田焼山火山の地質図及び原稿がまとめられた（産業技術総合研究所[課題番号：AIST03]）。伊豆大島では海陸をつなぐ沿岸部水深 400 m 程度までの範囲で浅海レーザ測量及び水中ドローンによる海底地形地質調査が実施され、また、大規模火砕流分布図シリーズとして「支笏カルデラ支笏火砕流堆積物分布図」が Web 公開された（産業技術総合研究所[課題番号：AIST03]）。日本列島の火山の基礎情報を最新の知見に基づいて収集・整理するため、日本の火山データベースが更新・拡充された。

## （２）低頻度大規模地震・火山噴火現象の解明

低頻度で大規模な火山噴火現象の発生履歴、規模等を解明するためには、史料・考古データ、地質データ等の分析を着実に進める必要がある。そこで、霧島山 13 世紀御鉢噴火の堆積物（高原テフラ）の詳細な層序区分にて噴火推移モデルを再構築されるとともに、粒子物性（密度、粒径、粒子形状、連結空隙率）および岩石組織の定量解析が行われ、マグマ上昇過程・噴火強度の時間変化について考察された（東京大学地震研究所[課題番号：ERI\_03]）。伊豆大島については、Y シリーズ噴出物の粒子物性・岩石鉱物化学組成・微細組織の解析と地質調査が行われ、大規模噴火に共通の性質・噴火推移やマグマ溜り条件に制約を与えるための研究が進められた。浅間山については 16 ka に発生した浅間史上最大規模の活動のうち、2つのプリニー式噴火（YP, YPk）について地質学的、物質科学的研究が進められた。YP, YPk はいずれもほぼ同様の噴出量（1 km<sup>3</sup> 強）と全岩化学組成を有するが、YP は上位に向かって細粒化し噴火強度の減少を示す一方、YPk は徐々に粗粒化し噴火強度が増大したことなど噴火推移の詳細が明らかになった。カルデラ噴火については、噴火準備段階からの活動の推移・履歴を把握するとともに、その推定精度を上げる手法の開発・改良を進める必要がある。始良カルデラ噴火およびその先行噴火の噴出物試料についての基礎分析と U-Th 放射非平衡分析が行われ、先行噴火・カルデラ噴火を含め、珪長質マグマの大部分が U-Th 放射平衡に到達しており、マグマ生成後約 40 万年以上の時間が経過していることが示された（北海道大学[課題番号：HKD\_02]）。一方、溶岩流として噴出した珪長質な先行噴火については U-Th 放射非平衡であることが確認された。

## （４）火山現象の解明とモデル化

### ア．火山現象の定量化と解明

多様な火山現象を理解するためには、多項目の観測を行い、進行する火山現象を時空間的に定量化するとともに、火山噴出物の分析、マグマの物理・化学的な実験および数理モデルによる理論解析を行う必要がある。そのために、浅間山、霧島山、伊豆大島、三宅島、阿蘇、諏訪之瀬島などにおいて火口周辺での多項目観測が実施された（東京大学地震研究所[課題番号：ERI\_07]）。浅間山の 2007 年から 2017 年に得られたデータの

再検討からは、N型地震の出現時期に帯磁傾向が横ばいになることが見出された（図1）。これは、N型地震が多発する時期に山体冷却が停滞したことを示しており、N型地震発生時に浅部に熱水あるいはガスが供給されたことにより冷却の進行が停滞したことを示唆する（Takeo et al., 2022）。三宅島におけるドローンによる繰り返し空中磁気観測からカルデラ付近の3次元磁化構造が明らかにされた（図2）。カルデラリム直下の磁化が非常に弱化している一方、沈降カルデラ内は平均的な磁化を示しており、カルデラ形成時に落下した岩体は破碎されることなく元の構造を保ったまま沈降したと解釈された（Koyama et al., 2022a）。また、伊豆大島にて無人ヘリコプターを用いた繰り返し空中磁気観測から3次元磁化構造が推定され、三原山火口付近において1 km以下の小空間スケールの不均質が明らかにされた（Koyama et al., 2022b）。桜島にて2012年から2020年に発生した爆発的噴火に伴う地震について人工地震探査と山体地形を考慮した速度構造を用いて震源決定がなされ、震源の深さが火口底から数百メートル下という極浅部に求められた（東北大学理学研究科[課題番号：THK\_03]）。2019年8月から2020年6月の阿蘇中岳噴火に伴う岩石磁気測定が行われた（公募研究[課題番号：KOB023]）。火山灰の磁気特性の時間変化が調べられ、飽和残留磁化と飽和磁化の比が高い期間は火映が確認された期間に対応することが見出され、火道内のマグマヘッドの位置とマグマ温度の関係が推定された（Anai et al., 2023）。

#### イ. マグマ溜まりと火道内過程のモデル化

浅間火山天明軽石の斜長石斑晶・微斑晶・マイクロライト、および石基ガラスの分析が行われ、斜長石斑晶とマイクロライトは組成範囲がほぼ一致し、その頻度分布も極似し、バイモーダルな分布を示すことが明らかにされた（図3）（東北大学理学研究科[課題番号：THK\_04]）。この組成頻度分布から、斜長石マイクロライトが、マグマ溜まりで混合前のマグマから晶出したものと同じ圧力でのマグマ混合で均質化したメルトから晶出したものとの半数ずつで構成され、火道上昇中の減圧結晶作用で晶出したマイクロライトは極わずかであることが示された。ニカラグアのMasaya火山で実施した火山ガス組成観測データの解析から、火山ガスの大気中での酸化作用についての知見が取りまとめられた（Kazahaya et al., 2022）（産業技術総合研究所[課題番号：AIST06]）。

#### （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・熱水系の構造解明

火山地域において、地震波速度・減衰構造や比抵抗構造等を明らかにすることで、火山活動を支配する場のモデル化を進める必要がある。そこで、鬼界カルデラを対象にした研究航海において、広帯域海底地震計、海底電位差磁力計、海底磁力計等の長期海底観測機器の回収・設置（図4）と航走観測が行われた（神戸大学[課題番号：KOB01]、海洋研究開発機構[課題番号：JAMS03]）。また、これまでの研究航海により取得した地球物理学的観測データの解析と、堆積物・岩石試料の岩石学的、地球化学的、地質学的解析が進められた。鬼界アカホヤ噴火およびその後の火山噴出物の化学分析においては、マグマ組成の特徴、マグマの温度や酸化還元状態等の岩石学的条件およびそれらの時間的変遷など、鬼界アカホヤ噴火以降のマグマ供給系についてまとめ、公表さ

れた (Hamada et al., 2023) (神戸大学[課題番号: KOBE01], 海洋研究開発機構[課題番号: JAMS03])。草津白根山において地震の震源再決定が行われ, 2018 年頃の unrest 期に震源が北東方向に移動していたことが明らかになった (東京工業大学[課題番号: TIT\_03])。この震源の移動は湯釜火口湖の湖水濃度時系列解析結果 (Terada et al., 2022) から示唆される alunite 等の二次生成鉱物の溶脱・沈殿と時期を同じくしていることから, 浅部での流路閉塞や開放が unrest の多様性を生み出している要因と考えられる。また, 草津白根山の湯釜火口北側の噴気について He/Ar 比に基づきマグマ発泡度の変化を検出し, そのタイミングが浅部熱水だまりの膨張・収縮と良く一致していることを見出した。これは, unrest を駆動するマグマと熱水系の物質化学的繋がりを示している (Obase et al., 2022)。阿蘇山と雲仙岳を対象に, 両火山の周囲の温泉・鉱泉・地下水のヘリウム同位体比の調査が行われ, 火口に近い場所ではマグマの影響で同位体比が高く, 火口からの距離が大きくなるにつれて地殻の影響で低下する傾向が見出され, 水理モデル解析から阿蘇山のマグマは雲仙岳よりも古いことが明らかになった (Sano et al., 2023) (東京大学大気海洋研究所[課題番号: AORI02])。

## 2. 地震・火山噴火の予測のための研究

### (4) 中長期的な火山活動の評価

#### ア. 火山噴火の長期活動の評価

火山噴火の長期活動については, 火山ごとに噴火の特徴と履歴を明らかにするとともに, 年代測定精度の向上や階段ダイアグラムの高精度化を進め, 物質科学的解析に基づいて評価を行う必要がある。そこで, 富士山星山期 (約 10 万~1 万 7000 年前) の岩屑なだれ堆積物が調査され, 堆積物に含まれる植物片の放射性炭素年代が約 1 万 9000 年前であること, 堆積物に含まれる火山礫の斑晶鉱物組合せや斑晶量, 石基組織をもとに複数の溶岩流を含む山体が崩壊したこと, 星山期におけるマグマが多様であったことが示された (山梨県富士山科学研究所[課題番号: MFRI\_01])。また, 富士山北麓~東麓の地質調査, テフラ層に挟在する土壌の放射性炭素年代測定およびテフラの全岩化学組成分析が行われ, 約 4000 年前以降についての比較的規模の大きなテフラの層序が確立されるとともに, 特徴的な層相や全岩化学組成を用いることでテフラ層序対比が可能であることが見出された (山梨県富士山科学研究所[課題番号: MFRI\_01])。さらに, 噴出物データベース作成のため, 富士山に関する学術文献収集の分類, リスト化が行われ, このうち 90 本の文献について様々な地質情報がデジタル化され, 地理情報システム (GIS) に組み込むことで一元的に管理・閲覧できるようになった。伊豆大島, 浅間山, 霧島山において, 過去数 100 年の噴火を対象とした噴出物の地質調査が行われ, テフラ層の区分や特徴の明確化と, 岩石鉱物化学組成・組織など物質科学的情報の収集が進められた (東京大学地震研究所[課題番号: ERI\_03])。伊豆大島については, 従来の気象庁により作成された「伊豆大島噴火シナリオ」について, 山頂噴火で想定される推移に対し, これまでの地質学的・物質科学的研究で得られた知見を反映させることが試みられた。伊豆大島の山頂からの大規模噴火 (準プリニー式噴火) では時間とともに斜長石斑晶に富むようになり, より爆発的な活動に遷移するというパターンがあることが Y1 や Y4 噴火の研究 (池永・他, 2023) で明らかになった。この大規模噴火に遷移するか

どうかの判断基準を事象系統樹に組み入れ、改訂版伊豆大島噴火シナリオが提案された（前野・池永，2023）。中長期的活動評価と予測のため、雌阿寒岳，岩木山，御嶽山において地表踏査による噴火履歴調査が実施された（産業技術総合研究所[課題番号：AIST03]）。また活動的火山の噴火履歴を高時間分解能で解明するために，御嶽火山の岩石試料を対象とした K-Ar および Ar/Ar 年代測定が実施され，10 万年前より新しい火山噴出物の噴火年代が明らかになった。

## イ. モニタリングにより火山活動の評価

火山活動について数ヶ月から数年の中期的な時間スケールについては，多項目の地球物理学的・地球化学的なモニタリングにより火山の状態を把握することで，火山現象と噴火の関係を定量的に明らかにする必要がある。そこで，火山活発化指数（VUI）を導入するためのワークシート作成が進められ，草津白根山については作成方針の策定，阿蘇山については作成作業の継続，吾妻山では作成が完了した（北海道大学[課題番号：HKD\_04]，京都大学理学研究科[課題番号：KUS\_02]）。硫黄山の電磁場連続観測から2018年小規模水蒸気爆発と2021年噴騰現象に伴って観測された地電位の変化の発生モデルが提示された（Aizawa et al., 2022）（北海道大学[課題番号：HKD\_04]）。阿蘇山において相対重力測定が行われ，得られたデータに対してスケールファクター補正を施すことにより，高精度の重力変化量が求められ，火口周辺域での陸水あるいは熱水の影響と思われる年周変化が捉えられた（若林・他，2023）（京都大学理学研究科[課題番号：KUS\_02]）。国内外の歴史記録にある大規模噴火の噴火推移を収録した「噴火推移データベース」ならびに，日本で発生した火山噴火の噴出物の大部分を網羅した「火山灰データベース」が公開された（産業技術総合研究所[課題番号：AIST10]）。また，桜島の大規模軽石噴火の噴出物の層序・分布・噴出物の解析から長期的な噴火活動の推移とそのメカニズムが明らかになった（Nishihara et al., 2022）。多成分火山ガス連続観測装置のセンサー感度変化の挙動が室内実験により明らかにされ，リアルタイムで補正する手法が提案され観測精度向上が図られた（気象庁[課題番号：JMA\_05]）。倶多楽火山の温泉において噴気成分と酸素・水素同位体比の観測が行われ，噴出物の熱水変質鉱物の検討と，電磁気探査結果から登別地域の熱水系の考察が行われた（高橋・他，2022）（北海道立総合研究機構[課題番号：HR0\_01]）。

### （5）火山活動推移モデルの構築による火山噴火予測

噴火事象系統樹をさらに発展させ，火山噴火に先行する現象，噴火発生，噴火規模や様式の時間変化，終息までを一連の現象として捉えた火山活動推移モデルを構築する必要がある。そこで，桜島火山における総合的な観測研究から，始良カルデラおよび桜島の周辺の地殻変動の傾向および起震応力場に時間変化が見られないことから，ここ1年の桜島へのマグマ供給率はほぼ一定であったと推察された（京都大学防災研究所[課題番号：DPRI07]）。一方，桜島直下の圧力源は減圧傾向で，質量増加が継続していることから（図5），脱ガス卓越が継続していると推察された。なお，2023年2月8日に約5年ぶりに昭和火口で噴火があり，噴火に前駆してハーモニック微動と昭和火口の白色噴煙が観測されたことから，微動と白色噴煙が火山活動推移モデルにおける事象分岐要

素となりうることが分かった。また、火山観測データ解析、噴出物分析や理論的研究をもとに、火山活動推移のモデル構築や火山活動・噴火現象の分岐判断指標について研究成果について発表と意見交換が行われ、共通点および相違点についての議論が進んだ（東北大学理学研究科[課題番号：THK\_11]）。

蔵王山の約 800 年前以降の噴火活動について、水蒸気噴火、水蒸気噴火から小規模マグマ噴火、そして準プリニー式噴火後小規模マグマ噴火となる 3 ケースについて、堆積物の解析から相違点および類似点が抽出され、噴火事象分岐の要因を検討した結果が公表された（Ban et al., 2022; Sato et al., 2022）（公募研究[課題番号：KOB028]）。

### 3. 地震・火山噴火の災害誘因予測のための研究

#### （2）地震・火山噴火の災害誘因の即時予測手法の高度化

##### ウ. 火山噴出物による災害誘因の即時予測手法

噴火発生直後に火山噴出物などの災害誘因を高精度かつ即時的に予測する手法を開発することは重要である。そこで、堆積物解析手法の高度化と、噴出物時系列解析・分析手法の高度化を目指し、霧島、阿蘇、諏訪之瀬島、榛名、硫黄島、福徳岡ノ場等の活動的火山で研究が進められた（東京大学地震研究所[課題番号：ERI\_17]）。2021 年 8 月に福徳岡ノ場で発生した大規模海底噴火については、衛星やインフラサウンドデータを活用した噴火様式や詳細な時系列にもとづく噴火推移の把握、定常次元モデルを用いた噴出率等の噴火パラメータの推定、噴出物の化学分析にもとづくマグマの特徴の把握と SO<sub>2</sub> 収支の推定などが行われ、この噴火の全体像（噴出量 0.1-0.4 km<sup>3</sup>、噴出率 10<sup>6</sup> kg/s 以下）と浅海におけるマグマと海水との相互作用のプロセスが明らかにされた（Maeno et al., 2022）。また、漂流軽石の気泡組織の解析を進め、マグマ上昇過程やマグマと海水との相互作用のプロセスを解明する研究も取り組まれた。その結果、最も存在量が多い灰色軽石について、気泡数密度は一般的なプリニー式噴火と比較して桁で小さく、マグマ上昇速度はそれほど高くなかった可能性が示された。また、アクセス困難な地域の試料採取や地形調査の迅速な実施におけるドローンの活用方法や実例（霧島新燃岳、西之島）について整理され公表された（前野，2022）。

### 5. 研究を推進するための体制の整備

#### （1）推進体制の整備

火山災害を軽減するためには、火山活動の推移を把握し、必要に応じて発生しうる火山災害への対策を講じる必要がある。そこで、2022 年 7 月と 12 月に火山噴火予知連絡会本会議が開催され、全国の火山活動の状況についての検討が行われた（気象庁[課題番号：JMA\_08]）。また、火山噴火予知連絡会のあり方について検討が行われ、2022 年 8 月に「あり方検討作業部会最終報告」にて将来的に目指すべき体制が提言され、12 月に「あり方報告の具体化作業部会報告」にて次年度から始める体制が提言としてまとめられた。

#### （3）研究基盤の開発・整備

火山現象の解明と予測のための研究を進め、災害関連情報の迅速な発信や、火山活動

評価の高度化を実現するためには、観測基盤を維持・整備するとともに、必要に応じて観測体制の強化をする必要がある。そこで、全国 50 火山を対象に地震計、空振計、GNSS、監視カメラ等による連続監視観測が継続された（気象庁[課題番号：JMA\_12, JMA\_15]）。また、GNSS 繰り返し測定や熱の機動観測が実施された。また、阿蘇山や桜島などにて二酸化硫黄放出率観測を実施した。開発中の小型絶対重力計の南極露岩上での観測データの解析から、風速と重力値のばらつきが定量的に評価された（図 6）（東京大学地震研究所[課題番号：ERI\_20]）。桜島火山に設置された超軽量高解像度ミュオグラフィ観測システムから時系列透視画像が作成され、衛星 SAR 解析結果との比較にて、桜島山頂付近での隆起・沈降と噴火の活発期・静穏期との間に負相関が見出され、隆起・沈降と火口底直下の密度上昇・低下との間に正相関が見出された（図 7, Oláh et. al., 2023）（東京大学地震研究所[課題番号：ERI\_21]）。航空機による南方諸島および南西諸島における海域火山の定期巡回監視観測が実施された（海上保安庁[課題番号：JCG\_04]）。なお、西之島、噴火浅根、海徳海山および福德岡ノ場については監視体制が強化され、月 1 回程度の監視観測が実施された。また、測量船により硫黄島の海域火山基礎情報調査が実施された。

### これまでの課題と今後の展望

「火山」計画推進部会には、41 の研究計画課題に加えて、当該年度の公募研究は 6 課題あり、地震火山観測研究計画において最大の課題数を有する計画推進部会（以下、部会）であるため、課題間の連携やそれぞれの課題における研究の深化のための取り組みも部会の重要な役割である。そこで、部会に関係する総合研究グループや課題合同の様々な研究集会を開催した。桜島大規模噴火総合研究グループ研究集会を 2022 年 12 月 26 日・27 日に鹿児島市でハイブリッド開催したほか、北海道大学の課題（HKD\_04）と京都大学理学研究科の課題（KUS\_02）合同の研究集会を 2023 年 1 月 20 日に、東北大学理学研究科の課題（THK\_11）の研究集会を 2022 年 1 月 23 日に、東京大学地震研究所の課題（ERI\_17）の研究集会を 2023 年 2 月 17 日にオンライン開催した。2023 年 2 月 27 日・28 日には部会の研究集会をオンラインで開催した。このように、各課題内および合同の研究集会を活発に行うとともに、部会と総合研究グループの両方で研究の議論をする形が定着した。

過去 4 年間における部会の研究課題に共通した進展は、詳細については一昨年度および昨年度の報告書で述べた通りであるため省略するが、以下のとおりにまとめられる。まず、火山活動の状態や分岐・遷移を表すパラメータ間の相互関係が見えてきたことがあげられる。これは火山活動推移モデルの構築と推移予測に繋がる成果である。次に、観測手法や分析および解析手法の開発が進展し、広い時間および空間スケールにおいて分析や解析の分解能が向上したことを挙げるができる。これによって、詳細な噴火履歴や地下構造の解明、マルチパラメータ観測の進展が見られた。また、火山に関する各種のデータベースシステム整備が進んできた。火山活動の評価及び火山活動推移モデルの構築において火山活発化指数（VUI）の算出対象火山数の増加や、火山活動推移モデルの構築や火山活動・噴火現象の分岐判断指標に関する研究成果の共有等、着実な取り組みがなされている。

過去4年間においては、日本国内において災害を引き起こす顕著な噴火は無かった。そのため、非常時の火山調査および観測の実践不足は否めないという課題は残る。その一方で、噴火時の火山灰調査を組織的实施と一元化データ共有システムへの調査結果および観測データの取り込みが進み、非常時の火山調査の効率化・高度化に向けた準備が進んでいる。近い将来に起こりうる災害を伴う噴火においてこれらの取り組みが結実することが期待される。

## 成果リスト

- Aizawa, K., D. Muramatsu, T. Matsushima, T. Koyama, M. Uyeshima and S. Nakao, 2022, Phreatic volcanic eruption preceded by observable shallow groundwater flow at Iwo-Yama, Kirishima Volcanic Complex, Japan, *Commun. Earth Environ.*, 3, 187, doi:10.1038/s43247-022-00515-5.
- Anai, C., T. Ohkura, S. Yoshikawa and N. Mochizuki, 2023, Temporal change in rock-magnetic properties of volcanic ashes ejected during a 1-year eruption event: a case study on the Aso Nakadake 2019-2020 eruption, *Earth Planets Space*, 75, 24, doi:10.1186/s40623-023-01783-x.
- 青山裕, 2022, 北海道の活火山における減災に向けた観測研究の取り組み-物理観測と物質科学の今後の連携を見据えて-, *火山*, 67, 171-193, doi:10.18940/kazan.67.2\_171.
- Araujo, J., F. Sigmundsson, T. Ferreira, J. Okada, M. Lorenzo, R. Silva, R. Carmo and J.L. Gaspar, 2022, Multiple inflation and deflation events from 2004 to 2016 at Fogo (Água de Pau) volcano, São Miguel, Azores, *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 432, 107694, doi:10.1016/j.jvolgeores.2022.107694.
- 新谷昌人, 2022, 光通信技術を用いた重力観測網の構築と火山活動監視に関する研究, *東北大学電気通信研究所研究活動報告*, 28, 304-306.
- Ban, M., K. Kawashima, K. Tsunematsu, K.S. Kataoka and T. Imura, 2022, Lahar deposits along the Nigorikawa River in the eastern foot of Zao Volcano, Japan, during the last 8000 years, *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 432, 107685, doi:10.1016/j.jvolgeores.2022.107685.
- Chikita, K.A., K. Amita, H. Oyagi and J. Okada, 2022, Effects of volcanic-fluid cycle system on water chemistry of deep caldera lake: Lake Tazawa, Akita Prefecture, Japan, *Water*, 14, 3186, doi:10.3390/w14193186.
- Chikita, K.A., A. Goto, J. Okada, T. Yamaguchi, S. Miura and M. Yamamoto, 2022, Hydrological and chemical budgets of Okama Crater Lake in active Zao Volcano, Japan, *Hydrology*, 9, 28, doi:10.3390/hydrology9020028.
- 下司信夫, 2022, 火山災害軽減のための地質情報, *月刊地球*, 45, 15-25.
- Hamada, M., T. Hanyu, I.M. McIntosh, M.L.G. Tejada, Q. Chang, K. Kaneko, J. Kimura, K. Kiyosugi, T. Miyazaki, R. Nakaoka, K. Nishimura, T. Sato, N. Seama, K. Suzuki-Kamata, S. Tanaka, Y. Tatsumi, K. Ueki, B.S. Vaglarov and K. Yoshida, 2023, Evolution of magma supply system beneath a submarine lava

- dome after the 7.3-ka caldera-forming Kikai-Akahoya eruption, *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 434, 107738, doi:10.1016/j.jvolgeores.2022.107738.
- Hashimoto, T., 2022, Post-eruptive persistent cooling beneath the summit crater of Usu Volcano as revealed by magnetic repeat surveys, *J. Disast. Res.*, 17, 630-638, doi:10.20965/jdr.2022.p0630.
- 堀田耕平・楠本成寿・高橋秀徳・早川裕弐, 2022, 立山火山地獄谷における水準測量(2015~2021年), *月刊地球*, 514, 318-324.
- 池永有弥・前野 深・安田 敦, 2023, 安永噴火を中心とした伊豆大島の噴火推移とマグマシステム, *防災科学技術研究所研究資料*, 487, 30.
- Inoue, T. T. Hashimoto, R. Tanaka and Y. Yamaya, 2022, A broadband magnetotelluric survey of Mt. Meakandake volcano with special attention to the unrest during 2016-2017, *Earth Planets Space*, 74, 114, doi:10.1186/s50623-022-01673-8.
- Ishii, K., A. Yokoo, T. Ohkura and T. Kazama, 2023, Temporal variation in the depth of the magma surface at Aso volcano in 2014-2015, *Bull. Volcanol.*, 85, 7, doi:10.1007/s00445-022-01616-x.
- Ishizu, K., Y. Ogawa, K. Nunohara, N. Tsuchiya, M. Ichiki, H. Hase, W. Kanda, S. Sakanaka, Y. Honkura, Y. Hino, K. Seki, K.H. Tseng, Y. Yamaya and T. Mogi, 2022, Estimation of spatial distribution and fluid fraction of a potential supercritical geothermal reservoir by magnetotelluric data: a case study from Yuzawa geothermal field, NE Japan, *J. Geophys. Res. Solid Earth*, 127, e2021JB022911, doi:10.1029/2021JB022911.
- Ishizuka O., K. Tani, R. Taylor, S. Umino, I. Sakamoto, Y. Yokoyama, G. Shimoda, Y. Harigane, Y. Ohara, C. Conway, A. Perez, and S. Sekimoto, 2022, Origin and age of magmatism in the northern Philippine Sea basins, *Geochem. Geophys. Geosys.*, 23, 1-30, doi:10.1029/2021GC010242.
- 川口亮平, 2023, マグマ移動シナリオに基づく地殻変動シミュレーション, *防災科学技術研究所研究資料*, 487, 66-69.
- Kazahaya, R., M. Varnam, B. Esse, M. Burton, H. Shinohara and M. Ibarra, 2022, Behaviors of redox-sensitive components in the volcanic plume at Masaya volcano, Nicaragua: H<sub>2</sub> oxidation and CO preservation in air, *Front. Earth Sci.*, 10, 867562, doi:10.3389/feart.2022.867562.
- 風間卓仁・大柳諒・山本圭吾・岡田和見・大島弘光, 2022, LaCoste & Romberg 型相対重力計のリードアウト感度設定の標準化(2021年12月), *北海道大学地球物理学研究報告*, 85, 11-24, doi:10.14943/gbhu.85.11.
- 風間卓仁・大柳諒・山本圭吾・岡田和見・大島弘光・竹中悠亮・井口正人, 2022, 桜島火山における繰り返し相対重力測定(2021年10月及び2022年3月), *京都大学防災研究所年報*, 65B, 67-76.
- 北川隆洋・風早竜之介・谷口無我・篠原宏志・福岡管区气象台・大分地方气象台, 2022, Multi-GAS 連続観測における硫化水素センサーの感度変化の影響とその補正, *火山*, 67,

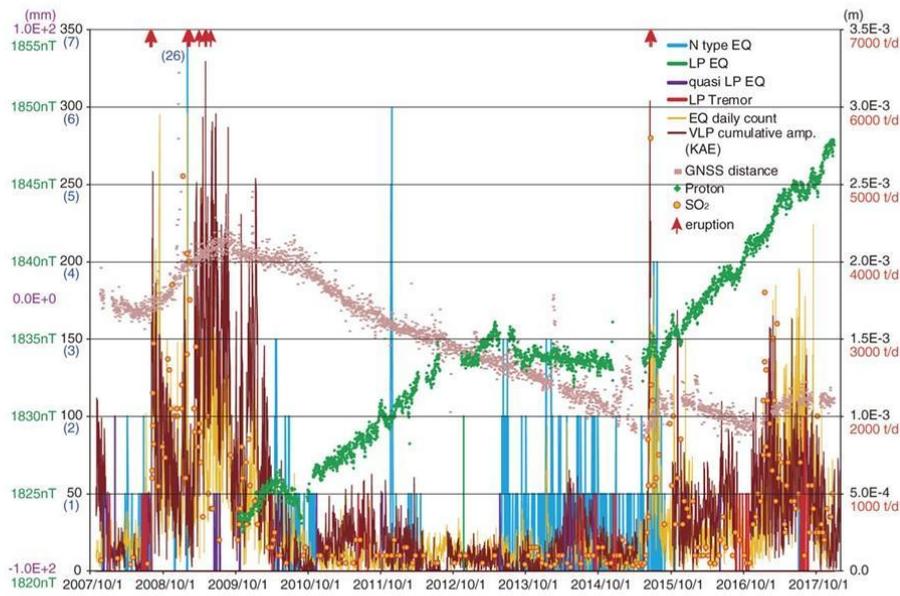
- 113-123, doi:10.18940/kazan.67.1\_113.
- Koyama, T., T. Kaneko, T. Ohminato, A. Watanabe, Y. Honda, T. Akiyama, S. Tanaka, M. Gresse, M. Uyeshima and Y. Morita, 2022a, Magnetization structure and its temporal change of Miyakejima volcano, Japan, revealed by uncrewed aerial vehicle aeromagnetic survey, *J. Disaster Res.*, 17, 644-653, doi:10.20965/jdr.2022.p0644.
- Koyama, T., T. Kaneko, T. Ohminato, A. Yasuda, Ogawa, T., A. Watanabe, S. Sakashita, M. Takeo, T. Yanagisawa, Y., Honda, K. Kajiwara, 2022b, An ultra-high-resolution autonomous uncrewed helicopter aeromagnetic survey in Izu-oshima Island, Japan, *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 425, 107527, doi:10.1016/j.jvolgeores.2022.107527.
- 小山崇夫, 2023, 電磁気連続観測からみる伊豆大島火山の推移, 防災科学技術研究所研究資料, 487, 41-44.
- Maeda, Y. and T. Watanabe, 2022, Estimating errors in autocorrelation functions for reliable investigations of reflection profiles, *Earth Planets Space*, 74, 48, doi:10.1186/s40623-022-01606-5.
- 前野 深, 2022, 地球を震わせたフンガ火山の爆発的噴火, *科学*, 92, 559.
- 前野 深・池永有弥, 2023, 伊豆大島における噴火推移モデル, 防災科学技術研究所研究資料, 487, 58.
- Maeno, F., T. Kaneko, M. Ichihara, Y. J. Suzuki, A. Yasuda, K. Nishida, T. Ohminato, 2022, Seawater-magma interactions sustained the high column during the 2021 phreatomagmatic eruption of Fukutoku-Oka-no-Ba, *Commun. Earth Environ.*, 3, 1, doi:10.1038/s43247-022-00594-4.
- 前野 深, 2022, 火口近傍地質データをいかに取得するか?—ドローンによる接近観測とその火山学的意義—, *月刊地球*, 45, 519, 26-33.
- Matsunaga, Y. and W. Kanda, 2022, Numerical modeling of a volcanic hydrothermal system based on resistivity structure, *J. Disas. Res.*, 17, 654-662, doi:10.20965/jdr.2022.p0654.
- Matsunaga, Y., W. Kanda, T. Koyama, S. Takakura and T. Nishizawa, 2022, Large-scale magmatic-hydrothermal system of Kusatsu-Shirane Volcano, Japan, revealed by broadband magnetotellurics, *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 429, 107600, doi:10.1016/j.jvolgeores.2022.107600.
- Matsu'ura K., A. Terada, T. Mori and T. Ono, 2022, A simple method for the analysis of fumarolic gases using response-adjusted sensors with a UAV, *J. Disas. Res.*, 17, 620-629, doi:10.20965/jdr.2022.p0620.
- 宮縁育夫・飯塚義之・大倉敬宏, 2023, 阿蘇火山中岳第1火口における2021年10月14日噴火, *火山*, 67, 441-452, doi:10.18940/kazan.67.4\_441.
- 宮町宏樹・小林励司・八木原寛, 2022, 2020年8月の若尊カルデラ海域の短時間群発地震活動, *火山*, 67, 471-478.
- Nakano, M. and D. Sugiyama, 2022, Discriminating seismic events using 1D and

- 2D CNNs: Applications to volcanic and tectonic datasets, *Earth Planets Space*, 74, 134, doi:10.1186/s40623-022-01696-1.
- Nakao, A., T. Kuwatani, K. Ueki, K. Yoshida, T. Yutani, H. Hino and S. Akaho, 2022, Subduction-zone parameters that control slab behavior at the 660-km discontinuity revealed by logistic regression analysis and model selection, *Front. Earth Sci.*, 10, 1008058, doi:10.3389/feart.2022.1008058.
- Nishihara, A., N. Geshi and H. Naruo, 2022, Long-term change of the eruption activities of Sakurajima volcano, Japan, inferred from the fallout tephra deposits, *Front. Earth Sci.*, 10, 988373, doi:10.3389/feart.2022.988373.
- Obase, T. H. Sumino, K. Toyama, K. Kawana, K. Yamane, M. Yaguchi, A. Terada and T. Ohba, 2022, Monitoring of magmatic-hydrothermal system by noble gas and carbon isotopic compositions of fumarolic gases, *Sci. Rep.*, 12, 17967, doi:10.1038/s41598-022-22280-3.
- Ogawa, Y., T. Ohba, T.P. Fischer, M. Yamamoto and A. Jolly, 2022, Special issue “Understanding phreatic eruptions - recent observations of Kusatsu-Shirane volcano and equivalents -”, *Earth Planets Space*, 74, 100, doi:10.1186/s40623-022-01643-0.
- Oiwa, K., T. Kuritani, M. Nakagawa, and S. Yoshimura, 2023, Pre-eruption magmatic processes and magma plumbing system at Hachijo-Nishiyama volcano, Izu-Bonin arc, Japan, *Earth, Planets and Space*, 75, 6, doi:10.1186/s40623-022-01761-9.
- Oláh, L., G. Gallo, G. Hamar, O. Kamoshida, G. Leone, E.W. Llewellyn, D. Lo Presti, G. Nyitrai, T. Ohminato, S. Ohno, H.K.M. Tanaka and D. Varga, 2023, Muon imaging of volcanic conduit explains link between eruption frequency and ground deformation, *Geophys. Res. Lett.*, 50, 2, e2022GL101170, doi:10.1029/2022GL101170.
- 鬼澤真也・西山竜一・今西祐一・大久保修平・安藤忍・長岡優・島村哲也・平山康夫・石原昂典・松田健助・金子祐也・上田義浩・谷田部史堯, 渡邊篤志・安藤美和子・坂下至功, 2022, 伊豆大島における火山活動の解明と活動評価への適用に向けた合同重力観測, *東京大学地震研究所彙報*, 97, 13-32.
- 鬼澤真也, 2023, 既存知見に基づく伊豆大島噴火シナリオ改善に向けた検討, *防災科学技術研究所研究資料*, 487, 45-50.
- 小沢慎三郎・宗包浩志, 2023, 地殻変動データに基づく力源モデルによる火山活動の監視手法に関する研究, *国土地理院調査研究年報*.
- Permana, T. and H. Aoyama, 2022, Locating volcanic earthquakes and tremors using delay time and amplitude ratio information from cross-correlation functions *Seismol. Res. Lett.*, 94, 2A, 871-886, doi:10.1785/0220220199.
- Sano, Y., T. Kagoshima, M. Zhang, N. Takahata, T. Onoue, T. Shibata, Y. Nishio, A.-T. Chen, H. Lee, T.P. Fischer and D. Zhao, 2023, Older magma at Aso caldera than at Unzen stratovolcano in south west Japan as recorded through

- helium isotopes, *Commun. Earth Environ.*, 4, 2, doi:10.1038/s43247-022-00649-6.
- Sato, M., M. Ban, T. Yuguchi and T. Adachi, 2022, Pre-eruptive magmatic processes of historical activities at Zao volcano, northeastern Japan: Insights from compositional zoning in orthopyroxene phenocrysts, *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 432, 107686, doi:10.1016/j.jvolgeores.2022.107686.
- 柴田智郎・高橋良・秋田藤夫, 2022, 北海道有珠山の火山活動と洞爺湖温泉の水位・温度・化学組成の変動, *地学雑誌*, 131, 585-595, doi:10.5026/jgeography.131.585.
- Snyder, G.T., A. Yatsuk, N. Takahata, R. Shakirov, H. Tomaru, K. Tanaka, A. Obzhairov, A. Salomatin, S. Aoki, E. Khazanova, E. Maryina, Y. Sano and R. Matsumoto, 2022, Ocean dynamics and methane plume activity in Tatar Strait, far eastern federal district, Russia as revealed by seawater chemistry, hydroacoustics, and noble gas isotopes, *Front. Earth Sci.*, 10, 825679, doi:10.3389/feart.2022.825679.
- Suetsugu, D., M. Obayashi, T. Tonegawa, H. Shiobara, H. Sugioka, A. Ito, T. Isse, Y. Ishihara, S. Tanaka and J. Yoshimitsu, 2022, Nature of mantle discontinuities beneath the Ontong Java Plateau, *Phys. Earth Planet. Int.*, 334, 106969, doi:10.1016/j.pepi.2022.106969.
- Suzuki, Y., T. Akatsuka, Y. Yamaya, N. Watanabe, K. Okamoto, K. Osato, T. Kajiwara, Y. Ogawa, T. Mogi, N. Tsuchiya and H. Asanuma, 2022, Estimation of an ultra-high-temperature geothermal reservoir model in the Kakkonda geothermal field, northeastern Japan, *Geothermics*, 105, 102525, doi:10.1016/j.geothermics.2022.102525.
- 高橋良・鈴木隆広・大森一人, 2022, 地球化学的・鉱物学的調査から推定した倶多楽火山登別地熱地域の熱水系, *火山*, 67, 453-469, doi:10.18940/kazan.67.4\_453.
- Takeo, M., Y. Aoki and T. Koyama, 2022, Recent volcanic activity at the Asama volcano and long-period seismic signals, *Proceedings of the Japan Academy Series B Physical and biological sciences*, 98, 426-438, doi:10.2183/pjab.98.022.
- Terada, A., M. Yaguchi and T. Ohba, 2022, Quantitative assessment of temporal changes in quaqueous hydrothermal activity in active crater lakes during unrest based on a time-series of lake water chemistry, *Front. Earth Sci.*, 9, 740617, doi:10.3389/feart.2021.740671.
- Ueki, K., H. Hino and T. Kuwatani, 2022, Extracting the geochemical characteristics of magmas in different global tectono-magmatic settings using sparse modeling, *Front. Earth Sci.*, 10, 994580, doi:10.3389/feart.2022.994580.
- 若林環・風間卓仁・福田洋一・安部祐希・吉川慎・大倉敬宏・今西祐一・西山竜一・山本圭吾, 2023, LaCoste 型および Scintrex 型相対重力計におけるスケールファクターの読取依存

- 性の検定, 測地学会誌, 68, 49-68, doi:10.11366/sokuchi.68.49.
- Xu, S., L. Guan, M. Zhang, J. Zhong, W. Liu, X. Xie, C. Liu, N. Takahata and Y. Sano, 2022, Degassing of deep-sourced CO<sub>2</sub> from Xianshuihe-Anninghe fault zones in the eastern Tibetan Plateaus, *Sci. China Earth Sci.*, 65, 139-155, doi:10.1007/s11430-021-9810-x.
- Yaguchi, M., T. Ohba, Y. Hirayama and N. Numanami, 2022, Volcanic ash from the June 17, 1962 eruption of Yakedake volcano: stereomicroscopic, XRD, and water-soluble components analyses, *J. Disas. Res.*, 17, 257-262, doi:10.20965/jdr.2022.p0257.
- Yamaya, Y., Y. Suzuki, Y. Murata, K. Okamoto, N. Watanabe, H. Asanuma, H. Hase, Y. Ogawa, T. Mogi, K. Ishizu and T. Uchida, 2022, 3-D resistivity imaging of the supercritical geothermal system in the Sengan geothermal region, NE Japan, *Geothermics*, 103, 102412, doi:10.1002/essoar.10509292.1.
- 柳澤宏彰・及川輝樹・川口亮平・木村一洋・伊藤順一・越田弘一・加藤幸司・安藤 忍・池田啓二・宇都宮真吾・坂東あいこ・奥山 哲・鎌田林太郎, 2022, 新潟焼山火山2016年噴火: 活動推移・噴出物を基にした噴火モデル, *火山*, 67, 295-317.
- 安田 敦, 2022, 噴出物から読み解く富士山のマグマ供給系, *科学*, 92, 611-617.
- 安田 敦・亀谷伸子・嶋野岳人・吉本充宏・田島靖久, 2022, 類似したテフラを識別・対比する定量的な方法の数学的な取り扱いについて, *月刊地球*, 45, 520, 55-64.
- Yoshida, K., Y. Tamura, T. Sato, S. Chalermrat, P. Ratchanee and S. Ono, 2022, Petrographic characteristics in the pumice clast deposited along the Gulf of Thailand, drifted from Fukutoku-Oka-no-Ba, *Geochem. J.*, 56, 134-137, doi:10.2343/Geochemj.GJ22011.
- Zhang, M., W. Liu, L. Guan, N. Takahata, Y. Sano, Y. Li, X. Zhou, Z. Chen, C. Cao, L. Zhang, Y.-C. Lang, C.-Q. Liu and S. Xu, 2022, First estimates of hydrothermal helium fluxes in continental collision settings: Insights from the Southeast Tibetan Plateau margin, *Geophys. Res. Lett.*, 49, e2022GL098228, doi:10.1029/2022GL098228.

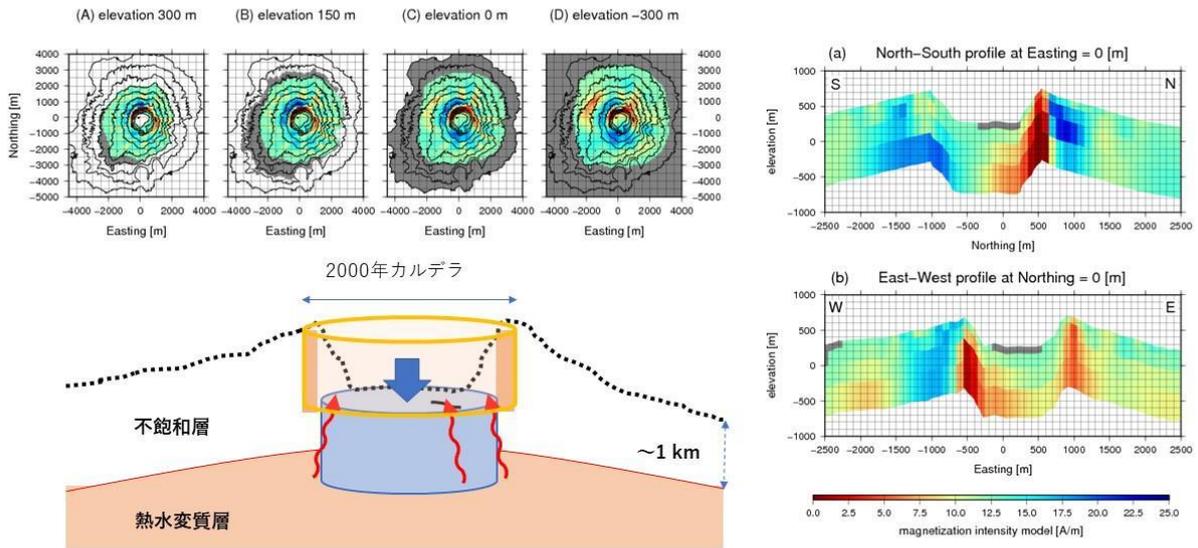
浅間山における2007年～2017年の多項目連続観測データの推移



Takeo et al. (2022)

図1. 浅間山における 2007～2017 年の多項目連続観測データの推移（東京大学地震研究所[課題番号：ERI\_07]）N型地震の出現と地磁気変化異常が同期している。

三宅島磁化強度分布



Koyama et al. (JDR, 2022)

図2. 三宅島磁化強度分布（東京大学地震研究所[課題番号：ERI\_07]）  
 左上：様々な深さ断面における磁化強度分布。右：磁化強度分布の鉛直断面図。左下：三宅島の浅部構造の概念モデル。

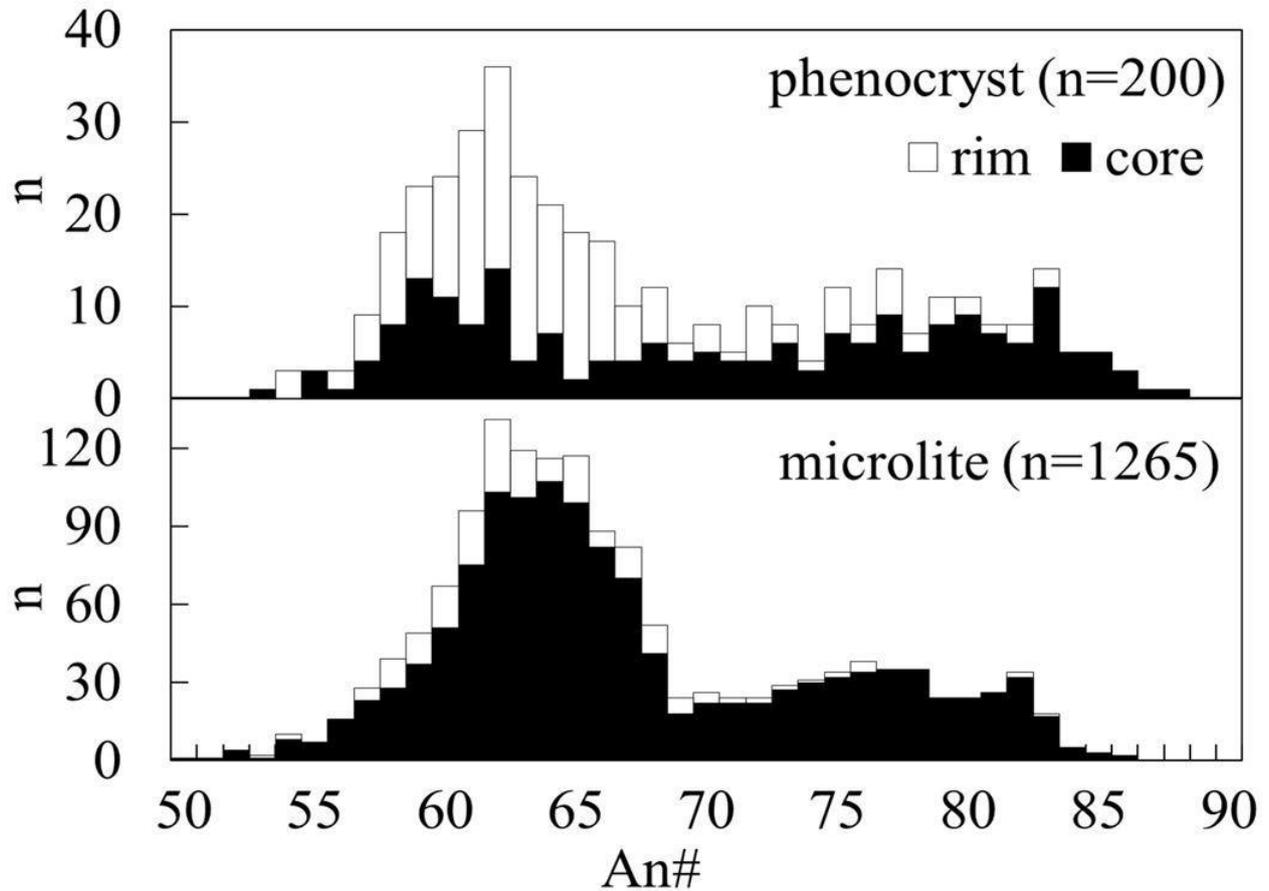


図 3. 斜長石斑晶とマイクロライトの An 値頻度分布 (東北大学理学研究科 [課題番号: THK\_04])

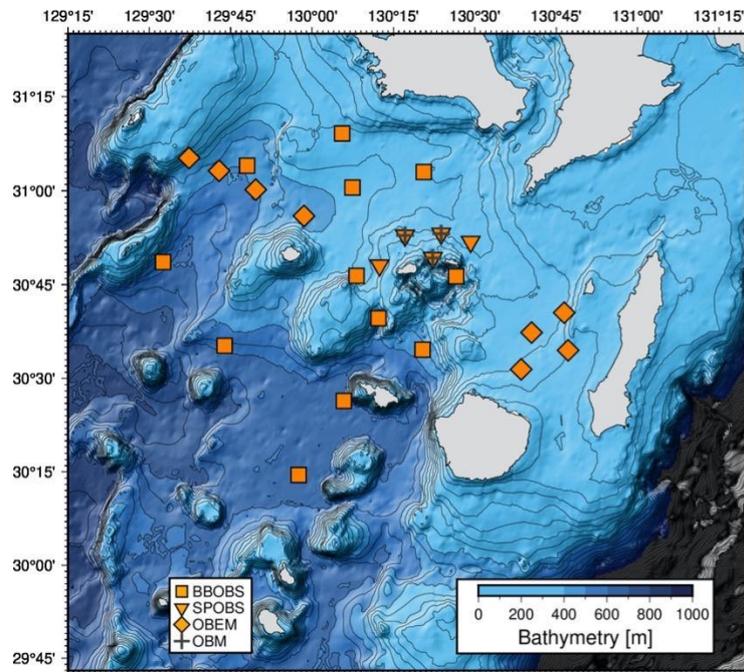


図 4. 鬼界カルデラ周辺の広帯域海底地震計 (BBOBS), 海底電位差磁力計 (OBEM), 短周期海底地震計 (SPOBS) および海底磁力計 (OBM) の分布 (神戸大学 [課題番号: KOBE1] および海洋研究開発機構 [課題番号: JAMS03])

BMSVO ( $+2.5 \pm 0.8 \mu\text{Gal}/\text{yr}$ )

S110 ( $+3.6 \pm 1.1 \mu\text{Gal}/\text{yr}$ )

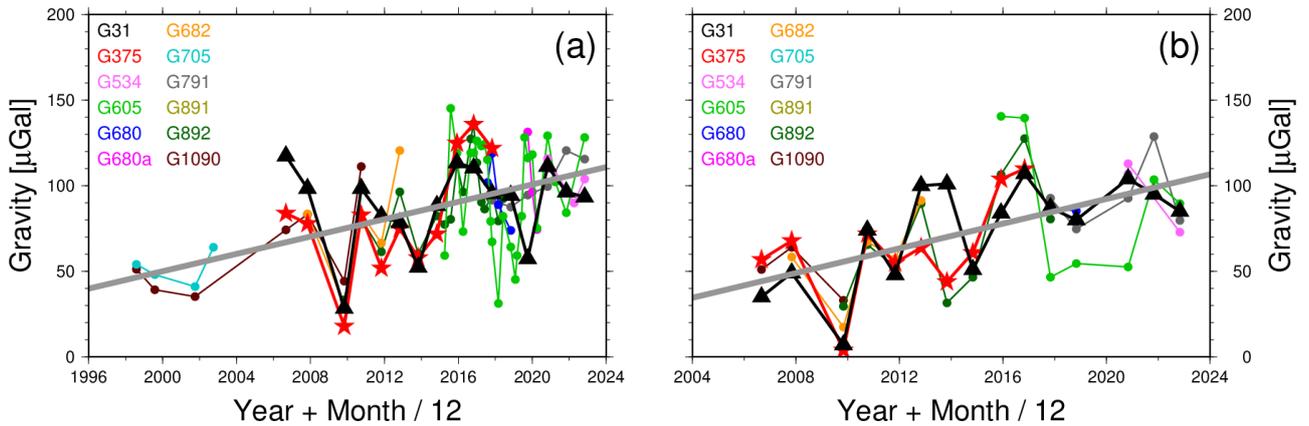


図 5. 桜島火山における相対重力変化（京都大学防災研究所[課題番号：DPRI07]）

左図：ハルタ山重力点における 1998 年～2022 年の重力変化

右図：大正噴火火口至近の重力点における 2006 年～2022 年の重力変化

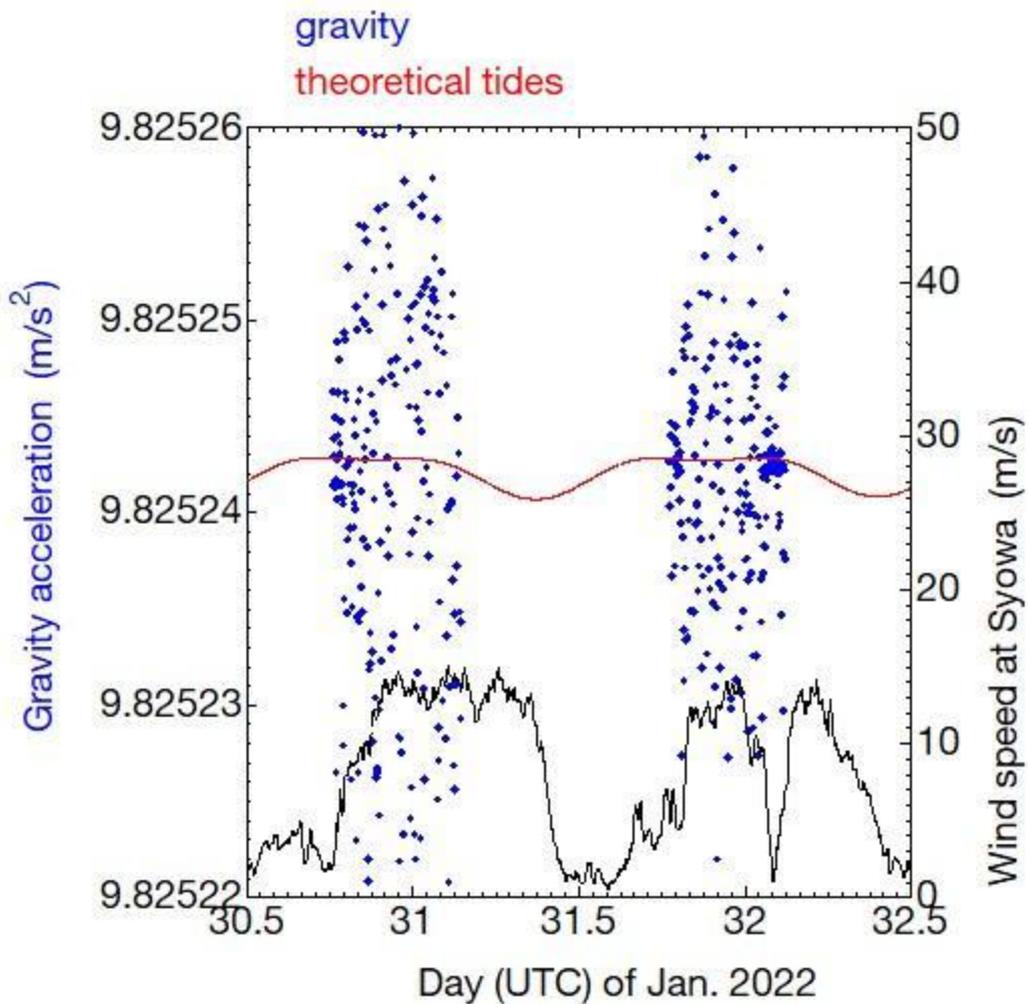


図 6. 昭和基地の屋外において測定された重力値（青点）および昭和基地での風速（黒線）（東京大学地震研究所[課題番号：ERI\_20]）

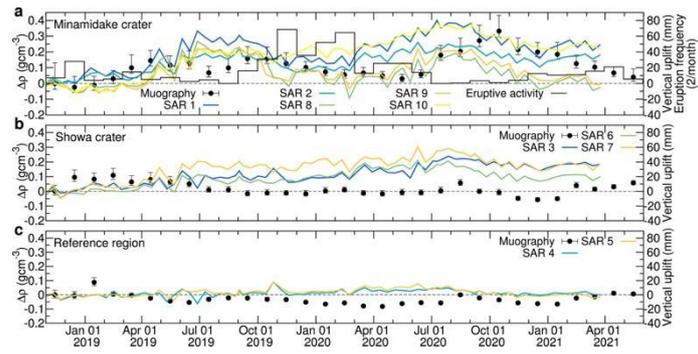


図7. 桜島火口近傍における密度変化，噴火頻度，SAR で求めた変位との比較（東京大学地震研究所[課題番号：ERI\_21]）