

1 (4) 火山

「火山」計画推進部会長 山本 希
(東北大学理学研究科)
副部会長 前野 深
(東京大学地震研究所)
副部会長 森 俊哉
(東京大学理学系研究科)
副部会長 伊藤順一
(産業技術総合研究所)

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及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、長期的・多角的な観測データに基づく火山噴火現象のメカニズム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」を上位目標として、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、観測手法の開発及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) 史料・考古・地形・地質データ等の収集と解析・統合

ウ. 地形・地質データの収集・集成と文理融合による解釈

火山活動の中長期的な評価と予測を行うためには、噴火履歴等の基礎データを蓄積することが重要である。また、高分解能の噴火履歴情報を得るためには年代測定手法等の開発も必要である。

今年度は、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に、秋田焼山及び御嶽火山の地質図を出版したほか、大規模火砕流である洞爺カルデラ洞爺火砕流の堆積物分布図を公表した(南・他, 2025, 及川・他, 2025, 宝田・他, 2025)。また、日光火山群の一つである三岳火山の活動年代を明らかにするためのトレンチ調査を行い、三岳火山の南北の岩体を構成する光徳溶岩と刈込湖溶岩の年代測定を行った。その結果、光徳溶岩は約3.3~5.6 kaの間、刈込湖溶岩は約4.6~17 kaの間に噴出したことが明らかになった。さらに、三岳火山の東側では降下テフラ層が確認され、この年代は約5 ka頃と推定され、三岳火山の完新世噴火履歴が明らかになった(草野・他, 2025)。また、活動的火山で高分解能な噴火履歴を解明するために、御嶽山・雌阿寒岳等の岩石試料を対象とした感度法 K-Ar 及び Ar/Ar 年代測定を実施し、10万年前より若い火山噴出物の噴火年代を明らかにした。これらの、最新の知見に基づいて収集・整理された日本列島の火山の地質情報を基に、日本の火山データベースの更新・拡充を行い、「大規模噴火データベース」、「噴火推移データベース」、「火山灰データベース」の拡充が行われた(産業技術総合研究所[課題番号:AIST03])。

(2) 低頻度かつ大規模な地震・火山噴火現象の解明

低規模で大規模な火山噴火現象の発生履歴・推移及びマグマ供給系の進化過程を解明するためには、史料・考古データ、岩石・地質等の物質科学的データの分析を着実に進める必要がある。そこで桜島については、完新世のマグマ系の起源と進化の解明を目的に、全岩化学組成などの物質科学的な解析を行い、徐々に高い融解度の下部地殻起源のマグマが地殻浅部へ間欠的に上昇することによって、完新世のマグマ系の進化は大局的には説明できることを明らかにした。さらに、始良カルデラ噴火の珪長質マグマの残存物やそれらのソースである下部地殻物質は桜島の完新世のマグマ系には関与していないことも明らかにした（北海道大学[課題番号:HKD_01]）。また、鮮新世から更新世にかけての火砕流堆積物が分布する北海道中央部（富良野～旭川地域）では、地質調査とその岩石試料の解析によって火砕流堆積物が複数のグループに分類できることを明らかにし、各火砕流堆積物の岩石学的特徴から分布範囲や噴出源を推定することができた（図1, 公募研究, 北海道教育大学旭川校[課題番号:KOB009]）。超巨大カルデラ噴火である阿蘇4噴火を対象とした研究では、火砕流堆積物の地質学的・岩石学的・古地磁気学的な対比が行われ、これまで短時間で堆積したと考えられていたカルデラ東側に広く分布するユニット4Aには堆積が休止する時間があったことを明らかにした。この堆積の休止がみられた地点では溶結相の上端が侵食間隙を挟んで非溶結相に直接覆われているが、溶結相と非溶結相の古地磁気方位は良い一致を示しているため、休止時間は地磁気の永年変化に比べて短いと考えられる（公募研究, 東京大学地震研究所[課題番号:KOB005]）。

(4) 火山活動・噴火機構の解明とモデル化

火山活動や噴火を定量的に把握しモデル化を進めるためには、地球物理学・地球化学・物質科学を総合した多項目の観測・調査・分析を行うとともに、マグマの流動・破碎・脱ガス・結晶化等の素過程の実験研究や数理モデルによる理論解析を行い、噴火様式の分岐条件を推定することが重要である。

火口付近における多項目観測は、雌阿寒岳、十勝岳、樽前山、有珠山、北海道駒ヶ岳、吾妻山、伊豆大島、浅間山、弥陀ヶ原、焼岳、御嶽山、九重山、霧島、口永良部島等を対象に実施された（北海道大学[課題番号:HKD_03], 東京大学地震研究所[課題番号:ERI_04], 富山大学[課題番号:TYM_01]）。観測項目は、地震、GNSS、傾斜、重力、地磁気、空振、火山ガス、土壌ガス等の多岐にわたるが、ドローンを活用した観測が特筆すべきものの一つである。例として、十勝岳においては、62-2火口周辺一帯においてドローン用の磁気観測装置を用いた空中磁気測量が行われ、2023年の測量結果との差分から浅部磁化構造の時間変化が推定された（図2）。さらに、ドローン用のマルチガス観測装置を用いた噴気観測では火山ガスの組成比に関する情報が得られた。同様の観測は、雌阿寒岳においても実施されている。また、焼岳においては、山頂域や主要噴気孔一帯においてドローンによる可視光観測と熱赤外観測が行われ、可視光観測のオルソ画像から作成した地形情報の差分を取ることで地形変化を抽出したほか、熱赤外観測を用いた主要噴気孔一帯での熱異常の確認が行われた（北海道大学[課題番号:HKD_03]）。弥陀ヶ原においては、地獄谷内において水準測量が実施され、GNSS観測との統合解析を行うことで、地獄谷極浅部に帯水層に対応すると考えられる開口割れ目が存在することが明らかになった（富山大学[課題番号:TYM_01], Hotta, 2025）。このほか、可搬型レーダー干渉計（SCOPE）

による地殻変動観測や空撮用手持ち型赤外カメラシステム（STIC-P）による地温観測等も技術開発と並行して全国の火山において実施された（防災科学技術研究所[課題番号：NIED01]）。

取得された観測データを解析する手法の高度化も進められた。地震観測データの解析については、微弱な連続振動を抽出する SBL（Seismic Background Level）解析を草津白根山、伊豆大島、霧島山等に対して適用し、SBLの盛衰と他の観測項目が示す火山活動推移が調和的な事例が複数確認できた（図3）。また、自然言語処理等で利用されている機械学習の一つである Transformer Encoders を用いた火山性地震のタイプ分類のための手法も開発し、浅間山で過去20年間にわたり整備された火山性地震のデータを用いた訓練と検証を行い、従来の畳み込みニューラルネットワーク（CNN）に基づいた手法と比較して大幅に性能が向上する結果が得られた（東京大学地震研究所[課題番号：ERI_04]）。また、御嶽山においては、2014年噴火前後の期間における特徴的なタイプの地震（各期間で3つ）をテンプレートとした Matched Filter 法の解析が行われ、地震タイプの時間変化が明らかにされた（北海道大学[課題番号：HKD_03]）。地殻変動観測データの解析については、多孔質弾性体の不均質を考慮した熱水系の力源モデルについての検討が行われ、九重山の1992年～1998年の地盤変動に適用が行われた（図4、北海道大学[課題番号：HKD_03]）。また、衛星観測データの解析についても、RealVOLCによるアジア太平洋地域の火山の熱異常モニタリングを継続するとともに、ひまわり及びしきさいによる赤外面像と TROPOMI のデータを用いた熱異常・二酸化硫黄放出量の評価が西之島の2021年以降の活動を対象に行われた。さらに、火山ガスのモニタリングシステム構築のために、GEMS のデータを用いて浅間山・十勝岳・桜島等の二酸化硫黄放出量の解析を実施し、GEMS は日本域においては S/N 比が悪い事例が多く、二酸化硫黄放出量の準リアルタイム解析には TROPOMI の使用が好ましいこと等が分かった。二酸化硫黄の測定については、南西諸島の海域離島火山のフェリーによる測定についても装置の更改を行うとともに、この観測手法の社会実装に向けた技術移転の検討を開始した（東京大学地震研究所[課題番号：ERI_04]）。

物質科学的な手法による火山活動・噴火機構の解明も進められた。鬼界カルデラにおける地球深部探査船「ちきゅう」を用いた表層科学掘削プログラムでは、9.5万年前（葛原噴火）と7,300年前（アカホヤ噴火）の2回のカルデラ噴火の噴出物に加えて、その間に起きた噴火によると考えられる噴出物も含むコア試料がカルデラ北東側の海域で得られた。このコア試料の分析の結果、葛原噴火では流紋岩質の噴出物が卓越するが、一部に安山岩質の噴出物が含まれており、流紋岩質のマグマにマフィックなマグマが注入することでカルデラ噴火を誘発した可能性が示唆された。また、少なくとも4.3万年前には葛原噴火のマグマとは異なる新たなマグマの供給が開始し、その化学組成は時間とともに変化することがわかった。特に後のアカホヤ噴火と同じ化学組成を持つ流紋岩は1.6万年前を境に割合が変化することから、この時期から約9,000年間かけて本格的な流紋岩質マグマの蓄積が起り、次のカルデラ噴火へ至ったことなど、長期的な火山活動の変遷の理解に資する結果が得られた（図5、海洋研究開発機構[課題番号：JAMS01]、Hanyu et al., 2024）。放射光分析に基づく火砕流発生過程についても研究が進められた。雌阿寒岳では、14,000年前から始まった中マチネシリ火砕噴火期1のステージⅡに火砕流と降下火砕物を繰り返し噴出している。火砕流発生に至るまでの軽石の気泡組織、

Fe³⁺/Fe^{tot} 比の変化を明らかにするために、地質調査によって得た降下火砕物及び火砕流堆積物の放射光分析が行われ、雌阿寒岳中マチネシリ火砕噴火期の Fe³⁺/Fe^{tot} 比は概して低い値を示すことなどが明らかになった（兵庫県立大学[課題番号：KOB007]）。

噴火様式の分岐条件を検討するためのマグマの流動や脱ガス等の素過程の実験研究や理論解析も進められた。一旦開始した爆発的噴火が収束するまでの過程において、マグマだまりの状態やマグマ上昇過程がどのように変化するかを岩石学的解析で明らかにする研究が、有珠山1977年噴火を対象にして行われた。メルト含有物の含水量と斜長石マイクロライトの数密度・サイズを分析した結果、繰り返し発生した爆発的噴火ごとに系統的な変化があることが見いだされた。減圧結晶化実験の結果も踏まえると、有珠山1977年噴火の一連の活動では、最初のサブプリニー式噴火はマグマだまりから直接上昇したのに対して、2回目以降のサブプリニー式噴火では火道内に滞留していたマグマが噴出したことが示唆され、火道の形成と閉塞やマグマの上昇、浅部・深部マグマだまりの連結度等の知見が得られた（東北大学理学研究科[課題番号：THK_02]）。上昇するマグマの中で起こる脱ガス過程についても、伊豆半島皮子平火山の降下火砕物、火砕流堆積物に含まれる黒曜石を用いた分析が行われた。組織観察、H₂O・CO₂濃度分析、水の化学種の分析の結果、1つの黒曜石の中で含水量の分布は概ね均質である一方でCO₂の濃度は不均質であり、非平衡な脱ガスが記録されていることが明らかになった（図6）。また、CO₂濃度の高いところではマイクロライト結晶度が高く、マグマの破断面を通じたガスの流動とヒーリングが脱ガスを支配していることが示唆された（北海道大学[課題番号：HKD_02]）。そのほか、霧島山新燃岳2018年噴出物中の白色含有物の岩石学的解析により、同噴火時のマグマだまりの含水量と噴火前駆過程を制約した。雲仙火山において、過去50万年間の噴出物中の鉱物の岩石学的・地球化学的解析及びその結果を使った年代測定を実施し、マグマ供給系の化学組成とその時間変化を推定した。伊豆大島1986年噴火のB火口からの噴出物について噴出物表面の微細組織の形成メカニズムを解明し、B火口噴火における噴煙挙動との対応について議論した（松本・川崎，2025）。有珠火山1977-78年噴出物の岩石学的解析と熱力学モデル計算により、1977年の準プリニー式噴火は130 MPa（深さ約5 km）のマグマだまりから直接上昇した高温マグマがもたらしたのに対し、1978年マグマ水蒸気噴火は低圧（<100 MPa）の浅所貫入岩体で冷却されたマグマがもたらしたことを示した。熱力学モデル計算と高温高圧岩石融解実験の結果を比較し、モデルの妥当性を検証した。また、火山ガス中の水素の精密測定機器を開発し、霧島硫黄山・焼岳・草津などで火山ガス観測を実施した。これにより、従来法では検知できなかった低濃度の水素が検出可能となり、火山ガス中の気相化学平衡の議論の適用範囲を広げることに成功した（産業技術総合研究所[課題番号：AIST05]）。

（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

火山地域において、火山活動を支配する場を明らかにすることは、火山活動・噴火を定量的に把握しモデル化を進めるうえで不可欠である。そのため、地震学的観測や電磁気学的観測等の多様なデータの解析と物質科学的研究、水文学的研究等を総合し、熱水系及び火山性流体・マグマの供給系の概念モデルの精緻化や定量化を目指した研究が進められた。

伊豆大島においては、既存の広帯域 MT データを用いた比抵抗構造の推定が行われ、海水準以高は不飽和層とみられる高比抵抗層があり、その下には飽和層と考えられる低比抵抗域が広がることが推定された。また、伊豆大島直下の深度数 km~15km 以深の広い範囲に渡って $10 \Omega \text{m}$ 以下の低比抵抗領域が検出された。火山性地震の震源はこの低比抵抗領域の外側に対応し、この低比抵抗領域が火山性流体により脆性破壊を起こせない領域である可能性が示された（図 7，東京大学地震研究所[課題番号：ERI_07]）。御嶽山においては、地下浅部の構造解明の一環として山頂部を中心に重力観測が実施され、既存データと統合してブーゲー異常の解析が行われた。その結果、山頂域には低ブーゲー異常域が存在しない可能性が明らかになり、従来指摘されていた新期御嶽山火山活動(0.09Ma~)初期のカルデラ噴火の有無を検討するための情報が得られた（東京大学地震研究所[課題番号：ERI_07]）。阿蘇山においても相対重力と絶対重力の繰り返し測定が行われ、山麓（京都大学火山研究センター）と山上の 2 地点で行われた絶対重力測定では、それぞれ前回測定時に比べて $6 \mu \text{Gal}$, $22 \mu \text{Gal}$ の重力増加が観測された。これらの重力増加は、火口湖・湯だまりの水位変化や火口直下の熱水貯留域における熱水流動では説明が困難であり、火口域の直下における質量増加を反映していると考えられる。また、阿蘇山においてはカルデラ内外及び山体中央部における GNSS 観測も継続して実施され、2021 年 10 月に発生した噴火の前駆的な地殻変動について解析が行われた。この結果、噴火の前後約 3 ヶ月間に中岳を中心とする膨張性の地殻変動が広域で検出されるとともに、中岳近傍の観測点においては南向きの変位が卓越する特徴が見いだされた。これらは、やや深部の圧力源から火口付近の浅部圧力源への流体供給を示唆する（東北大学理学研究科[課題番号：THK_06]）。吾妻山においては、大穴火口周辺における地震観測が実施され、火山性流体の流動に伴う振動現象の解析や表面波解析による構造推定に必要なデータの蓄積が進められた。その結果、調和型微動が火口直下浅部における流体流動に伴う非線形振動によるものであり、流動による駆動圧の変動が周期倍分岐等の調和型振動の複雑な振動を引き起こしている可能性が示された。また、地震波干渉法解析により、大穴火口付近の極浅部に低速度領域が存在し、その領域の地震波速度が降雨量に相関して変動することが明らかになった（東北大学理学研究科[課題番号：THK_06]）。

海域の火山についても、マグマ供給系の解明が進められた。鬼界カルデラでは、海底電位差磁力計で得られた電磁気観測データの 3 次元解析に新たなインバージョン手法を導入した結果、カルデラ直下に低比抵抗領域が存在し、その低比抵抗領域が 20 km 以深では海溝の反対側に広がる特徴が明らかになった。また、海底地震計データによる地震波トモグラフィ解析では、カルデラ直下の 25 km 以浅と沈み込むスラブ直上付近に低速度領域の存在が推定された。鬼界カルデラでは、カルデラ周辺における地震活動の把握等を目指し、通信用の海底光ケーブルを利用した光ファイバ分布型計測手法（DAS）の適用とその広帯域化・長距離化を目指した開発も進められ、2024 年 8 月 8 日に発生した日向灘地震に伴う複数の長周期津波の検出に成功するなど、広帯域化の実効性が確認できた（神戸大学[課題番号：KOBEO1]）。

火山活動の活発化に伴って発生する群発的な地震活動と構造や応力場との関係を調べるために、火山近傍で発生する地震活動についてのデータベースの作成と解析も進められた。今年度は、始良カルデラを含む桜島で発生した過去の群発的な地震活動のデータベースが作成され、地震活動域の範囲やメカニズムの推定が行われた。その結果、始良カ

ルデラにおける膨張性の地盤変動のあとにカルデラ北東部と桜島南西部の領域で地震活動が増加し、その後に桜島の噴火活動が活発化する傾向が示された。桜島南西部で発生する地震の震源メカニズムは正断層型が多く、始良カルデラのマグマだまりから桜島へのマグマ貫入によって桜島南西部が引張場となることで地震が発生していることが示唆される（京都大学防災研究所[課題番号：DPRI01]）。

地下熱水系の動的変動と火山活動との関係を検討するために、火山湖を対象とした水文学的手法による研究も進められた。鳴子火山の湯沼においては、水・熱・化学物質収支を評価するための水温、電気伝導度や気象の観測が行われ、地下熱源に対する応答が推定された。湯沼では、水温は冬季に向けて低下する一方で 25℃電導度は増加する傾向が見られることなどから地下熱水が継続して湯沼に流入していることが明らかになった（公募研究、北海道大学[課題番号：KOB006]）。また、カルデラ大深湖である田沢湖と十和田湖においても同様の研究が進められ、田沢湖においては水温・水質プロファイラーによる水温・電導度・DO・濁度・クロロフィル濃度の鉛直測定、十和田湖においては水温の鉛直測定が行われた（公募研究、秋田大学[課題番号：KOB008], Chikita et al., 2024）。

2. 地震・火山噴火の予測のための研究

（3）火山の噴火発生・活動推移に関する定量的な評価と予測の試行（重点研究）

火山活動の状況を総合的・定量的に評価するためには、地球物理学的観測データや過去の火山噴出物の物質科学的分析データを基にした評価指標を導入し、それらの指標の時系列から噴火発生予測を含む火山活動の推移予測手法を検討する必要がある。そのためには、まず活動的な火山における各種観測データの精査を進め、時間的あるいは火山間で比較しうる定量的で客観的な情報を得ることが求められる。

多項目観測が継続的に行われてきた阿蘇山では、過去の一連の噴火活動期間について既存データの精査が行われた。特に磁場データについて再解析を行い、データの質の向上が図られた。磁場の観測データには、各観測点下の電気伝導度の違いに起因するローカルな変動が含まれる。そこで、磁場3成分データを用いる補正法を応用するとともにベイズ的手法でデータを分解する解析手法を開発し、京都大学が中岳火山周辺で実施している3成分磁力計による連続観測データに適用した。その結果、2014年のマグマ噴火活動、2021年の水蒸気噴火の前後で噴火活動に関連すると考えられる磁場の時間変化を検出することができた（図8、京都大学理学研究科[課題番号：KUS_02]）。噴気や温泉水を主な対象とした長期的な地球化学的データについても、データの蓄積と精査が進められた。1980年代から継続的な地球化学的観測が行われている十勝岳においては、1988～1989年噴火の前に急激に上昇した温泉水の化学成分や温度がその後火山活動に相関して変化しており、火山活動の状況把握に有用であることが示された。さらに、十勝岳大正火山口では2018年頃から噴気温度の低下や凝縮水の酸素・水素同位体比やSO₂/H₂S比の低下、H₂O濃度の増加が続いており、マグマ由来ガスの影響が低下傾向であることが示唆された（北海道立総合研究機構[課題番号：HRO_01]）。同様に長期的な地球化学的観測とそれに基づく活動状況の評価は、御嶽山、箱根山、アトサヌプリ等でも行われ、ヘリウム同位体比や炭素同位体比、ガス組成が火山活動状況の有用な指標となることが確認された（東京大学大気海洋研究所[課題番号：AORI02]）。また、多項目データの整理・解析に基づく監視・評価技術の高度化及び火山活動評価技術の高度化は、気象庁においても進められ

た。今年度は、地球物理学的データ、地球化学的データの観測データと解析結果のデータベース化が行われるとともに、地殻変動計算手法やガス分析手法等の高度化が行われた。また、30分大気解析GPVを使用した準定常ガス拡散モデルによる二酸化硫黄放出率値と機動観測で得られる実測データを用いた精度の評価が行われ、風速による階級区分が信頼度指標として有用であることなどを示した。そのほか、先験的情報を統合した逆推定手法による熱源位置推定や全磁力観測データのリアルタイムDI補正など、火山活動状況の評価に資する開発が行われた（気象庁[課題番号：JMA_01, JMA_02]）。

火山噴火時の表面現象や噴出物の分布等の地質学的データや物質科学的データも、噴火の規模や様式を決定するために必要な情報であり、活動推移や災害の性質にも密接に関係する。そのため、噴出物の迅速なマッピング、噴出量・噴出率の高精度推定を目指した噴火堆積物解析手法の高度化を目指した研究や噴出物の化学組成、微細組織、色等の物質科学的な時系列データの解析・分析手法の高度化が進められた。例えば、噴火規模の基礎データとなる噴出量については、客観的な方法での推定と信頼度等の指標で誤差を定量的に評価することが望ましい。そこで、今年度は既存手法のレビューを行いその問題点を整理するとともに、近年提案されている統計学に基づき推定量の信頼度評価を行う手法について日本国内の広域テフラ（阿蘇4や鬼界アカホヤ）への適用性を検討した（図9）。鬼界アカホヤを対象にした検討では、人間が作成した等層厚線図を分布関数のフィッティングとモンテカルロ法を用いて得た噴出量の確率的分布、層厚データのみを用いてベイズ推定や機械学習により推定した噴出量の両者の比較を行うことで手法適用性の確認を進め、二次的な層厚変化に関する捉え方の違いや層厚データの地理的偏りを考慮することが重要であるなどの示唆が得られた（東京大学地震研究所[課題番号：ERI_13]）。また、桜島、霧島、阿蘇、硫黄島、富士山、浅間山等の個別の火山について、火山活動の推移や事象の分岐判断に資する地質学的・物質科学的情報の蓄積と着目すべき噴火物理化学パラメータの検討が進められた。桜島においては、火山灰等の噴出物試料の分光学的特性による活動推移の評価のために、火山灰色のシステムティックスの構築を目指し、比較的迅速に得られるバルク試料の測色値の主成分分析によってデータの持つ特性が明らかになった。また、非噴火収縮（Non-Eruptive Deflation）イベントに関して、連続降灰試料採取によって得られた火山灰の解析に基づき解釈が行われた（公募研究、鹿児島大学[課題番号：KOB010]）。霧島火山群においては、完新世の噴火履歴を整理するとともに、一回の噴火の規模や噴火様式の変化の共通性等を考慮して噴火推移パターンを7タイプに分類した。そして、この噴火推移パターンと近年や歴史時代の観測・観察事例（新燃岳、えびの高原硫黄山、御鉢）、噴火時に注目すべき観察量及び観測量、マグマ供給系モデルに基づき、火山群全体に対する火山活動推移モデルの試案が作成された。また、18世紀新燃岳享保噴火については、堆積物中の本質物タイプ比やみかけ密度が主要ユニット内で系統的に変化していることを見いだしたほか、2011年噴火と同様のマグマだまり条件であったことや、噴火直前に2段階のマグマ混合があったことなどを岩石鉱物学的分析や磁鉄鉱斑晶のゾーニングから明らかにした（東京大学地震研究所[課題番号：ERI_13]）。

4. 地震・火山噴火に対する防災リテラシー向上のための研究

（2）地震・火山噴火災害に関する社会の共通理解醸成のための研究

火山噴火の被害を軽減するためには、社会の共通理解を醸成する必要がある。そのために、降灰調査データや降灰のモニタリングデータ、シミュレーションを活用した情報プロダクツの作成方法について研究を進めるとともに、JVND (Japan Volcanological Data Network) システムに噴火やハザード等の火山災害に関するデータを登録する機能を新たに追加した。また、噴火発生前後における防災関係機関による災害対応を時系列的に整理して「災害対応タイムライン」を作成し、那須岳と御嶽山においてタイムラインの実効性検証を目的とした訓練や演習を地元自治体及び火山防災協議会と協力して実施した（防災科学技術研究所[課題番号：NIED01]）。

これまでの課題と今後の展望

今年度から開始された観測研究計画においては、「火山」計画推進部会は、火山の噴火発生・活動推移に関する定量的な評価と予測の試行を目標として、全国の機関が協力して火山活動・噴火機構及び火山活動を支配する場の解明とモデル化等、現象理解と予測に資する研究を実施してきた。「火山」計画推進部会では、前計画までに多項目観測による「火山噴火シナリオ」の作成、多項目観測と火山比較による「火山噴火事象系統樹」の作成、多項目パラメータの比較による「火山活動推移モデル」の構築が進められてきたが、現計画では時間軸の情報をより取り込んだ「火山活動推移モデルの改良と予測試行」を上位目標に掲げて、20の研究計画課題と公募研究6課題が多面的な研究を進めている。現計画から「大規模噴火総合研究グループ」「高リスク小規模火山噴火総合研究グループ」が本部会とは独立した位置付けとなったが、少数の火山を対象に防災リテラシーや災害誘因の研究まで総合的に研究を進める総合研究グループと本部会は密接な連携をもち、相互のフィードバックを行いつつ計画を推進することが望ましい。このような観点から、令和6年度には、2月18日・19日に本部会と「高リスク小規模火山噴火総合研究グループ」が合同でハイブリッド形式での研究集会を開催し、成果の共有と議論を行った。また、12月16日・17日に開催された「大規模噴火総合研究グループ」の研究集会には、本部会担当者も多く参加し、最新の知見の共有を行った。

上述のように現計画では活動推移の定量的な評価と予測の試行を目標としているが、統一的な物理化学モデルが確立していない火山現象について予測を実現するためには未解決の課題が多く存在する。一方で、これまでの計画及び現計画における観測研究では地球物理学的、地球化学的、物質科学的な多項目観測が着実に進められており、火山活動やその分岐・遷移を表すパラメータ間の相互関係が明らかになりつつある。また、各課題の研究の深化に伴い、それぞれの観測データや諸パラメータの精度や分解能が向上し、時空間的なダイナミックレンジも広がった。今後も、これまでの研究を更に進展させるとともに、多変量相関解析等による定量的なパラメータ間の相互関係の解明や火山噴火の推移の把握や予測を行う上で鍵となる物理化学パラメータの推定手法の改良を進め、火山現象と活動推移の迅速な理解に役立てられる基礎研究を進めることが重要であると考えられる。また、これまで主に類型化として進められてきた火山間の比較研究を一層推進するためには、客観的な解析手法・指標を用いた系統的で定量的な情報の蓄積も進めることが必要である。これらを踏まえて、鍵となるパラメータを状態変数とした火山活動推移の確率論的モデルを構築し、データ同化等の手法も用いた予測を試行していくことが現計画の目標にむけたアプローチとして適切であると考えられる。

令和6年度は、活動火山対策特別措置法の法改正により、火山の観測や調査の計画の策定や研究を一元的に進める火山調査研究推進本部が新たに発足するとともに、「火山防災の日」が制定された。本部会担当者の多くは、「火山防災の日」にあたってイベントやマスコミを通じて火山現象や活動火山対策について国民への周知・啓蒙に関わってきたが、このような活動は、これまでの計画における火山災害軽減のための観測研究が下支えとなっているものである。今後も、本部会と総合研究グループの協働により、火山災害軽減に向けた活動とそのための基礎研究を進めていくことが望まれる。また、火山調査研究の推進についての総合的かつ基本的な施策の中間取りまとめが令和7年3月28日に火山調査研究推進本部から公表され、火山活動評価や火山活動の状態把握及び予測に関する当面10年間に推進すべき調査及び研究の方向性が示された。本部会ではボトムアップの基礎研究を着実に進め、火山調査研究推進本部で実施する事業への技術移転を目指すとともに、新たな観測・解析手法等の芽を創出していくことが肝要であろう。

成果リスト

- 安部祐希・板寺一洋・高木朗充・長岡優・難波あゆみ・二宮良太・外山浩太郎・栗原亮, 2024, 箱根火山大涌谷における二酸化硫黄放出率 -2024年6月までの推移-. 神奈川県温泉地学研究所報告, 56, 35-40.
- Akamatsu, Y., T. Suzuki, N. Tada, K. Sawayama, H. Ichihara, I. Katayama, G. Sakamoto, Y. Yamamoto, F. Maeno, and K. Yoshi, 2025, Variations in pore structure in subaerial lava flows at Nishinoshima, Japan, inferred from physical properties, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 458, 108262, doi: 10.1016/j.jvolgeores.2024.108262.
- Chikita, K. A., H. Oyagi, and K. Amita, 2024, A thermal regime and a water circulation in a very deep lake: Lake Tazawa, Japan, *Hydrology*, 11, 40, doi: 10.3390/hydrology11030040.
- Fujiwara, T., K. Imai, M. Obayashi, K. Yoshida, N. Tada, K. Obana, G. Fujie, S. Ono, and S. Kodaira, 2024, The Sofu Seamount submarine volcano present in the source area of the October 2023 earthquakes and tsunamis in Japan, *Geophysical Research Letters*, 51, e2024GL109766, doi: 10.1029/2024GL109766.
- Hanyu, T., N. Seama, K. Kaneko, Q. Chang, R. Nakaoka, K. Kiyosugi, Y. Yamamoto, T. Matsuno, K. Suzuki-Kamata, and Y. Tatsumi, 2024, Submarine cores record magma evolution toward a catastrophic eruption at Kikai Caldera, *Communications Earth & Environment*, 5, 428, doi: 10.1038/s43247-024-01591-5.
- Hirai, Y., Y. Tamura, T. Hanyu, Q. Chang, C. Timm, and K. Hoernle, 2024, Why are oceanic arc basalts Ca-rich and Ni-poor? Insights from olivine-hosted melt inclusions from Kibblewhite Volcano in the Kermadec arc, *Chemical Geology*, 662, 122218-122218, doi: 10.1016/j.chemgeo.2024.122218.
- Hotta, K., 2025, Ground deformation in and around Jigokudani valley, Tateyama volcano, Japan, during the period of 2021-2022 revealed from combined data of leveling surveys and GNSS observations, *Earth Planets Space* 77, 47. doi: 10.1186/s40623-025-02152-6.

- Ishii, K. and Y. Iriyama, 2024, Do seasonality and latitude dictate the formation of strong or weak volcanic eruption plumes?, *Geophysical Research Letters*, 51, e2023GL106674, doi: 0.1029/2023GL106674.
- Kawai, T., Y. Yukutake, R. Doke, and R. Honda, 2024, Contribution of aseismic slips to earthquake swarms at the Hakone volcano, *Earth, Planets and Space*, 76, 152, doi:10.1186/s40623-024-02098-1.
- Kim, H., H. Lee, J.-H. Song, W. Lee, J. Hong, T. Kagoshima, N. Takahata, Y. Sano, and T.P. Fischer, 2024, Latent magmatism beneath the Korean Peninsula caused by asthenosphere upwelling, *Communications Earth & Environment*, 5, 427, doi: 10.1038/s43247-024-01592-4.
- 草野有紀・山元孝広・石塚吉浩・及川輝樹・中村洋一, 2025, 日光火山群三岳の完新世火山活動, *火山*, 70, 13-28, doi: 10.18940/kazan.70.1_13.
- Lin, Y.-S., W.-J. Huang, L.-H. Lin, T. Lan, H.-J. Shao, C.-C. Su, K.-H. Fu, H.-F. Lee, C.-C. Huang, B.-S. Wang, N. Takahata, Y. Sano, S.-C. Chen, Y. Wang, and I.-H. Lee, 2024, Sources and Flux of Dissolved Inorganic Carbon in the Hydrothermally Active Corner of a Backarc Basin (Southwestern Okinawa Trough), *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 129, e2023JC020429, doi: 10.1029/2023JC020429.
- Maeda, Y., 2024, A numerical model for precursory time sequences of the phreatic eruptions of Mt. Ontake, central Japan. *Earth Planets Space*, 76, 63, doi: 10.1186/s40623-024-02013-8.
- 松本恵子・川崎誠二, 2025, 虹色スコリアの構造色を生む微細組織: 伊豆大島 1986 年噴火における成因, *岩石鉱物科学*, 54, 240806, doi: 10.2465/gkk.240806.
- 南裕介・山崎誠子・伊藤順一・大場司, 2025, 秋田焼山火山地質図, no. 23, 産総研地質調査総合センター, 8p.
- Numanami, N, T. Ohba, and M. Yaguchi, 2024, Principal component analysis for the elemental composition of sedimentary sands in the Hayakawa River of Hakone Caldera, Japan. *Geochemical Journal*, 58, 155-168, doi: 10.2343/geochemj.GJ24013.
- 沼波望・大場武・谷口無我, 2025, 箱根火山の河川水と温泉水の統計的手法による火山活動評価. *東海大学理学部紀要*, 60, 15-32, doi: 10.18995/24352640.60.15.
- 及川輝樹・山崎誠子・竹下欣宏, 2025, 御嶽火山地質図, no. 24, 産総研地質調査総合センター, 8p.
- 高木朗充, 2024, 衛星から見積もられた日本の火山周辺の二酸化硫黄分布, *月刊地球*, 46, 483-490.
- 高橋良, 2024, 活火山内部の熱水変質帯の物質科学的検討, *月刊地球*, 46, 499-505.
- 宝田晋治・中川光弘・宮坂瑞穂・後藤芳彦・金田泰明, 2025, 洞爺カルデラ洞爺火砕流堆積物分布図, 大規模火砕流分布図, no. 5, 産総研地質調査総合センター.
- Tanaka, S., M. Nakano, T. Nakajima, J. Yoshimitsu, M. Obayashi, and D. Metz, 2025, Monitoring submarine volcanic activities in the Izu-Bonin-Mariana arc using the International Monitoring System hydrophone array signals, *Seismological Research Letters*, 96, 7212-730, doi: 10.1785/0220240341.
- Toki, T., K. Yasumura, N. Takahata, Y. Miyajima, H. Miyaki, K. Oohashi and M. Otsubo,

- 2024, Origin of helium in basement rocks and carbonate veins in Yonaguni Island, *Geochemical Journal*, 58, 293-303, doi: 10.2343/geochemj.GJ24024.
- Shimano, T., Y. Suzuki, A. Yasuda, F. Maeno, T. Miwa, M. Nagai, S. Nakada, and M. Nakamura, The color systematics of volcanic ashfall samples in estimating eruption sequences: a case study of the 2017-2018 eruption at Shinmoe-dake, Kirishima volcano, Southwest Japan. *Earth, Planets and Space*, 76, 103, doi: 10.1186/s40623-024-02040-5.
- Yaguchi, M. and T. Ohba, 2024, Development of a new device for CO₂ microdiffusion analysis of fluid samples from volcanic areas without using a fixative, *Earth, Planets and Space*, 76, 144, doi: 10.1186/s40623-024-02062-z.
- Yanagisawa T, S. Takano, D. Noto, M. Kameyama, and Y. Tasaka, 2024, Quasi-steady transitions in confined convection, *Journal of Fluid Mechanics*, 1000, A44, doi: 10.1017/jfm.2024.1043.

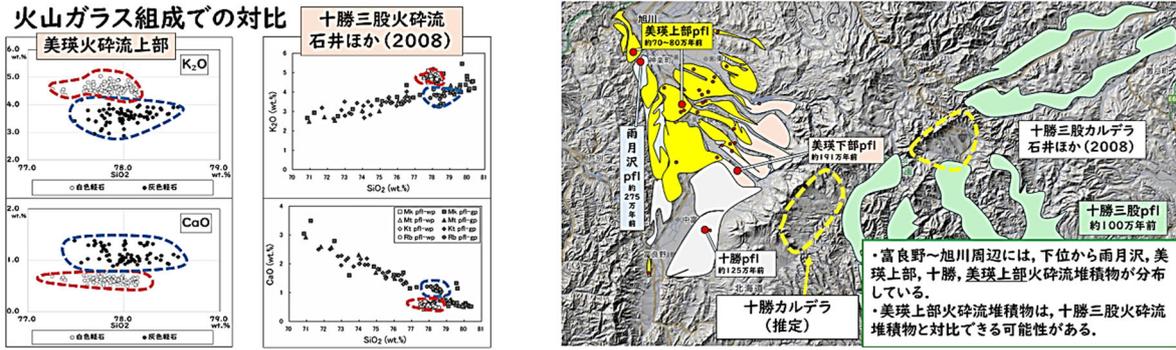


図 1. 富良野-旭川地域に分布する大規模火砕流堆積物の岩石学的な対比と分布範囲の推定（公募研究，北海道教育大学旭川校〔課題番号：KOB009〕）

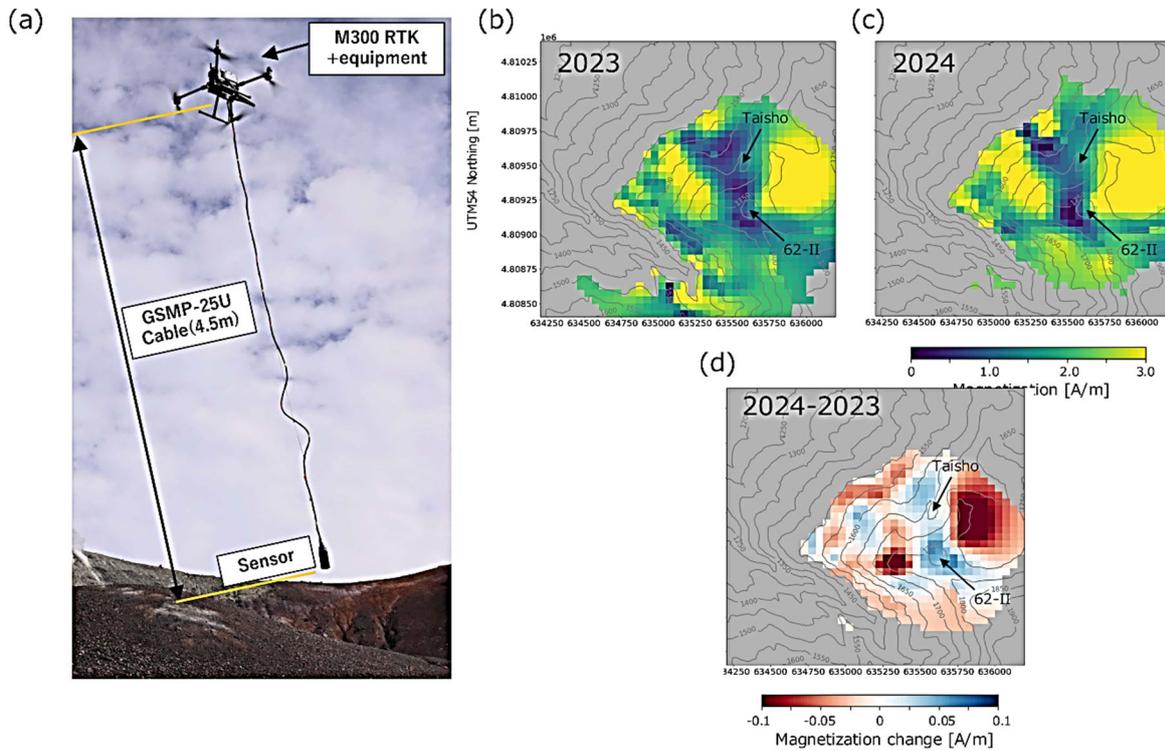


図 2. 十勝岳における空中磁気測量と磁化構造解析（北海道大学〔課題番号：HKD_03〕）
 (a) ドローンをを用いた空中磁気測量。(b) 2023 年の空中磁気測量結果から推定した 3 次元磁化構造の標高 1,500 m における断面。(c) 2024 年の同標高における磁化構造断面。
 (d) 2023 年と 2024 年の磁化変化。

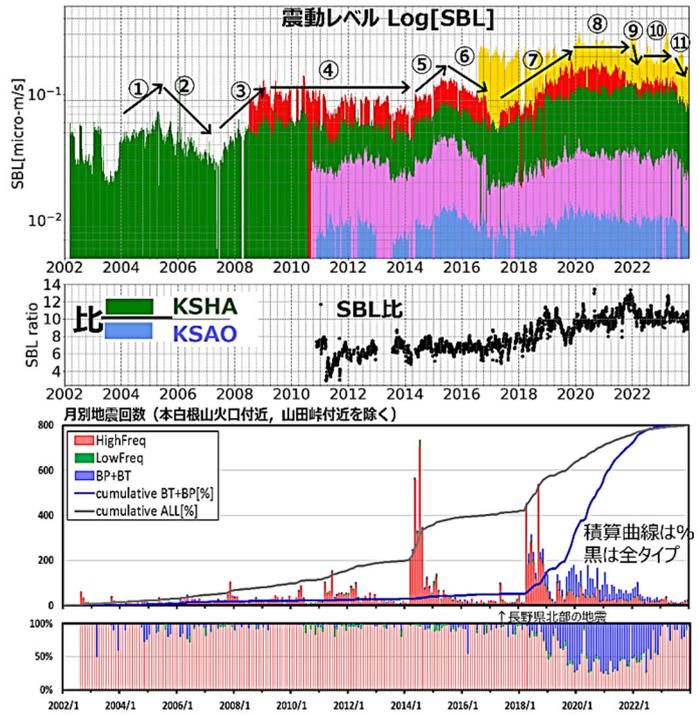


図3. SBL (Seismic Background Level) を用いた火山活動評価：草津白根山の例（東京大学地震研究所[課題番号：ERI_04]）

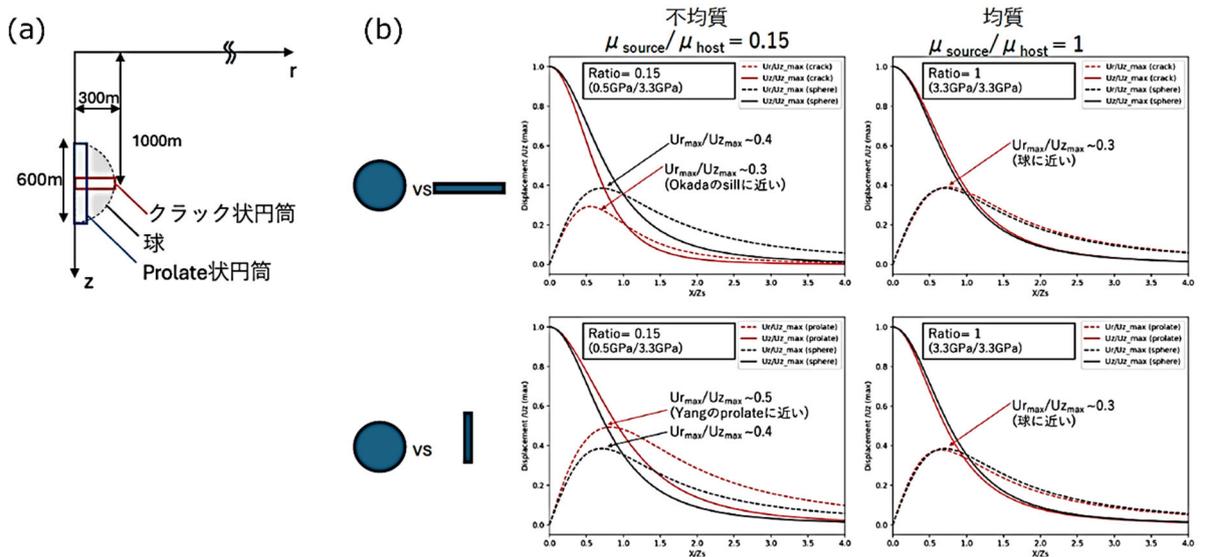


図4. 多孔質弾性体の不均質を考慮した熱水系の力源モデルについての検討例（北海道大学[課題番号：HKD_03]）

(a) 仮定した圧力源の形状。(b) 圧力源の内部・外部の物性を変化させた場合の変位場の比較。

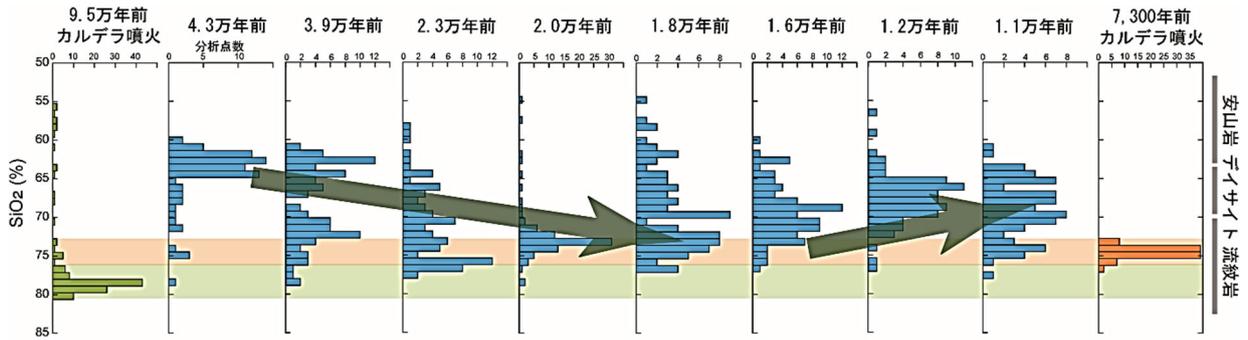


図5. 鬼界カルデラにおけるマグマの化学組成の時間変化 (海洋研究開発機構 [課題番号: JAMS01])

地球深部探査船「ちきゅう」を用いた表層科学掘削プログラム (SCORE) により採取されたコアに含まれる火山ガラスの SiO_2 の時間変化。

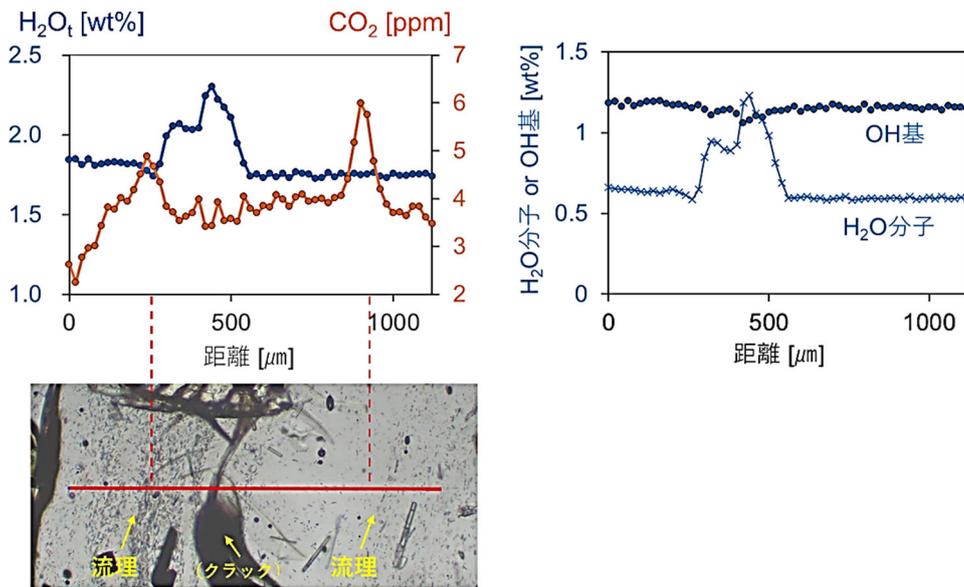


図6. 伊豆半島皮子平火山における火砕流堆積物中の黒曜石の組織及び H_2O ・ CO_2 濃度, 水の化学種の分布 (北海道大学 [課題番号: HKD_02])

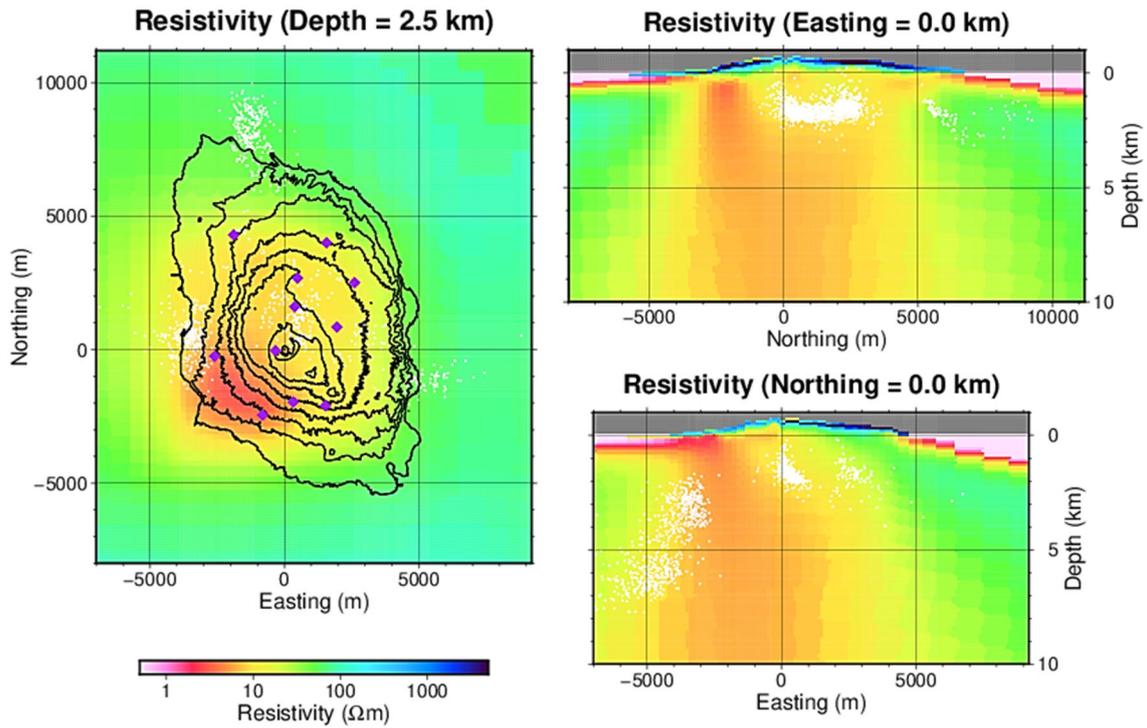


図 7. 伊豆大島の比抵抗構造（東京大学地震研究所[課題番号：ERI_07]）
 （左）深度 2.5 km の比抵抗平面図。（右上）三原山を通る比抵抗南北鉛直断面図。
 （右下）三原山を通る比抵抗東西鉛直断面図。
 図中の紫印と白点は、それぞれ陸上 MT 観測点と気象庁による震源。

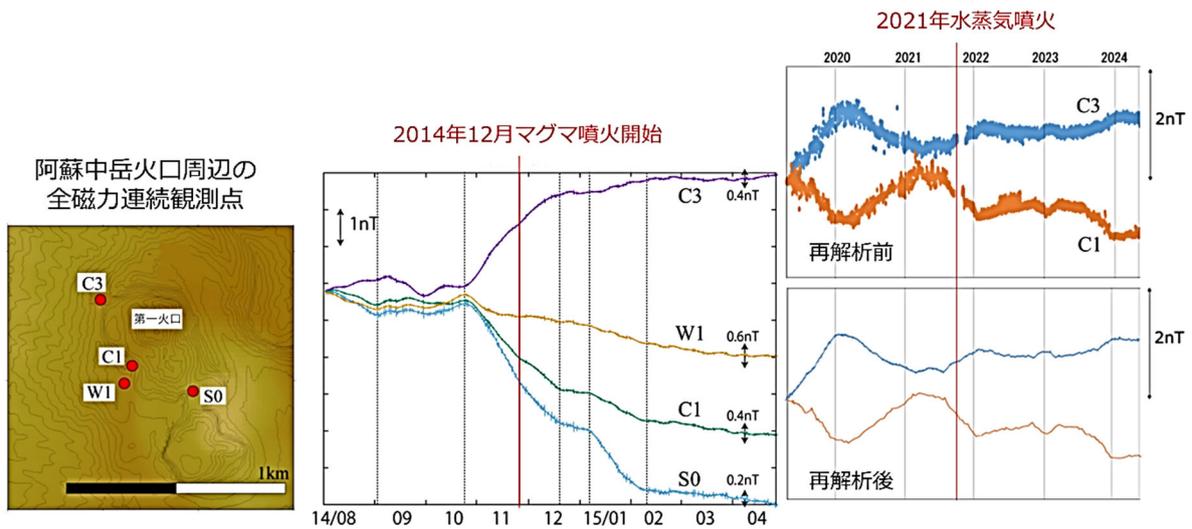


図 8. 阿蘇中岳火口周辺の全磁力連続観測データの再解析による S/N 比の改善と噴火に先立つ磁場変化の例（京都大学理学研究科[課題番号：KUS_02]）

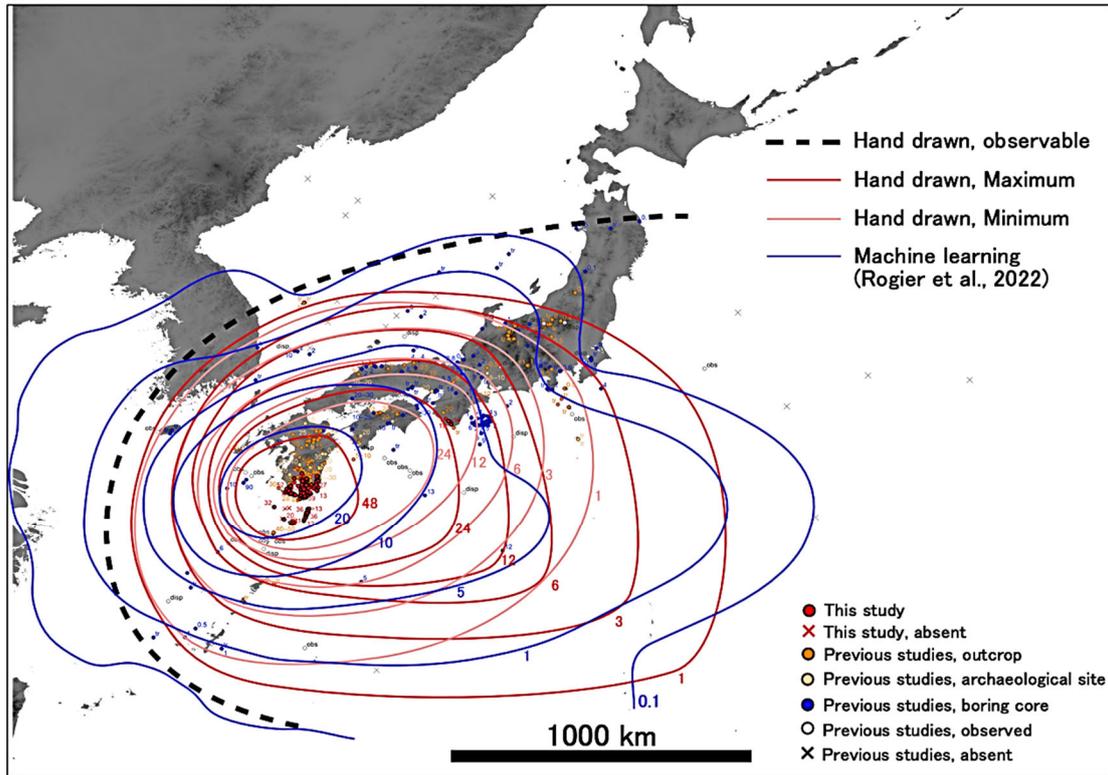


図 9. 機械学習を用いた層厚分布と噴出量推定：鬼界カルデラ 7,300 年前噴火におけるアカホヤ火山灰の噴出量の例（東京大学地震研究所[課題番号：ERI_13]）