

3.2 噴火履歴調査による火山噴火の中長期予測と噴火推移調査に基づく噴火事象系統樹の作成

目次

(1) 業務の内容

- (a) 業務題目
- (b) 担当者
- (c) 業務の目的
- (d) 10か年の年次実施計画
- (e) 平成31年度（令和元年度）業務目的

(2) 平成31年度（令和元年度）の成果

- (a) 業務の要約
- (b) 業務の成果
 - 1) 火山の噴火履歴及びマグマ長期変遷に関する基礎的研究
 - 2) 大規模噴火データベースの整備
 - 3) マグマ変遷解析センターの整備と分析技術開発
 - 4) ボーリングコア試料の保管・管理システムの構築
- (c) 結論ならびに今後の課題
- (d) 引用文献
- (e) 成果の論文発表・口頭発表等
- (f) 特許出願、ソフトウェア開発、仕様・標準等の策定

(3) 令和2年度の業務計画案

(1) 業務の内容

(a) 業務題目

「噴火履歴調査による火山噴火の中長期予測と噴火推移調査に基づく噴火事象系統樹の作成」

(b) 担当者

所属機関	役職	氏名	メールアドレス
国立大学法人北海道大学大学院理学研究院	教授	中川 光弘	mnakagawa@sci.hokudai.ac.jp
	准教授	栗谷 豪	kuritani@sci.hokudai.ac.jp
	助教	吉村 俊平	shumpyos@sci.hokudai.ac.jp
	技術専門職員	松本 亜希子	a-matsu@sci.hokudai.ac.jp
	学術研究員	榎枝 竜之介	
国立大学法人秋田大学大学院国際資源科学研究科	教授	大場 司	t-ohba@gipc.akita-u.ac.jp
国立大学法人秋田大学教育文化学部	教授	林 信太郎	shayashi@gipc.akita-u.ac.jp
国立大学法人山形大学理学部	教授	伴 雅雄	ban@sci.kj.yamagata-u.ac.jp
国立大学法人茨城大学理学部	教授	藤縄 明彦	akihiko.fujinawa.volcano@vc.ibaraki.ac.jp
	准教授	長谷川 健	takeshi.hasegawa.paul@vc.ibaraki.ac.jp
国立大学法人東京大学地震研究所	准教授	前野 深	fmaeno@eri.u-tokyo.ac.jp
学校法人日本大学文理学部	教授	高橋 正樹	takahashi.masaki@nihon-u.ac.jp
	教授	安井 真也	yasui.maya@nihon-u.ac.jp
	助教	金丸 龍夫	kanamaru.tatsuo@nihon-u.ac.jp
国立大学法人富山大学大学院理工学研究部	教授	石崎 泰男	ishizaki@sus.u-toyama.ac.jp
	准教授	川崎 一雄	
国立大学法人熊本大学くまもと水循環・減災研究教育センター	教授	宮縁 育夫	miyabuchi@gmail.com
国立研究開発法人	副研究部門長	伊藤 順一	itoh-j@aist.go.jp

産業技術総合研究所	研究グループ長 研究グループ長 主任研究員 研究員 研究員 主任研究員 主任研究員 研究員	石塚 吉浩 下司 信夫 及川 輝樹 山崎 誠子 草野 有紀 石塚 治 古川 竜太 南 裕介	y.ishizuka@aist.go.jp geshi-nob@aist.go.jp teruki-oikawa@aist.go.jp yamasaki.seiko@aist.go.jp y.kusano@aist.go.jp o-ishizuka@aist.go.jp furukawa-r@aist.go.jp y.minami@aist.go.jp
国立研究開発法人 防災科学技術研究所	契約研究員	長井 雅史	mnagai@bosai.go.jp
国立大学法人筑波 大学大学院生命環 境科学研究科	教授	荒川 洋二	yaraka@geol.tsukuba.ac.jp
国立大学法人山口 大学大学院創成科 学研究科	准教授 助教	太田 岳洋 辻 智大	takohta@yamaguchi-u.ac.jp
公立大学法人大阪 府立大学高等教育 推進機構	准助教	佐藤 鋭一	
一般公益財団電力 中央研究所	主任研究員	上澤 真平	uesawa@criepi.denken.or.jp
株式会社エンバイ オ・エンジニアリ ング	技術部長	和知 剛	

(c) 業務の目的

課題Cの最終目標である「火山噴火予測技術開発」のために、本サブテーマでは、複数の火山について、特に過去の噴火活動を対象とし、以下を実施する。(1) 主として地質学および物質科学的手法により、個々の火山における長期間かつ高精度の噴火履歴を復元する。(2) その成果に基づき高精度の時間-噴出物量図を作成する。(3) 噴出物の物質科学的解析を詳細に行うことで、個々の噴火のマグマの挙動、および長期にわたるマグマ変遷・進化について解明する。そして(2) 時間-噴出物量図と(3) マグマ長期変遷をもとに中長期噴火予測手法の開発を行い、実際に個々の火山で中長期噴火予測を行う。また、個々の噴火についても噴火推移を詳細に明らかにし、個々の火山でできるだけ多くの事例を蓄積することで、事象分岐確率の入った噴火事象系統樹の作成を目指す。さらに、最終的には噴火事象の火山毎の特徴と、共通する事象を明らかにして、火山噴火事象のモ

デル化に必要なパラメータ、例えば噴出量、噴火推移（噴出率変化）、マグマ物性（組成、斑晶量、温度）などを連携する課題、特に課題 C-1 や課題 C-3 に提供する。また、社会科学などの分野も巻き込み、噴火発生確率の社会への提示方法や活用方法について、検討を行っていく。

(d) 10か年の年次実施計画

1) 平成28年度：

全国各地にある重点火山・最重点火山について、これまでの研究成果の取りまとめと基礎的な地質調査を行い、浅間山についてはトレンチ掘削調査を、南西北海道において浅深度のボーリング掘削を実施した。また、6火山において次年度のボーリング掘削・トレンチ掘削地点を選定した。そして、気象庁コアをベースとした全国各地の火山の噴火履歴の解明を行った。さらに、大規模噴火データベースの構築に向けて、国内で過去約15万年間に発生した「大規模噴火」の噴火推移や噴出物の分布に関する情報を収集した。また、北海道大学では、防災科学技術研究所とともにボーリングコア試料の保管・管理システムの構築準備を行った。さらに、北海道大学の既存施設にフーリエ変換赤外分光光度計を導入し、「マグマ変遷解析センター」を立ち上げ、整備した。

2) 平成29年度：

最重点火山の鬼界および浅間山での調査を本格的に開始した。まず鬼界において深深度のボーリング掘削を2ヵ年計画で行う予定で、平成30年1月より掘削を開始した。また、浅間山では山体周辺10ヶ所でのトレンチ掘削集中調査を実施した。また、最重点・重点火山を中心とした4火山（鳥海山・蔵王山・日光白根山・恵山）について、予察的にトレンチ掘削調査を実施した。その他の最重点・重点火山については、引き続き野外調査を行い、ボーリング掘削およびトレンチ掘削の調査地点を選定した。また重点火山に見落としがないかの検討を全国で実施し、次年度計画に組み込んだ。さらに、海外での噴火事例および噴火事象系統樹との比較研究として、ロシア・カムチャツカのアバチンスキー火山の地質調査を開始した。これら地質調査により得られた高精度噴火履歴に基づいて噴出物を採取し、物質科学的解析を開始する。「マグマ変遷解析センター」では、他機関の研究者・大学院生の利用受け入れを開始した（3機関9名）。また、前年度に導入したフーリエ変換赤外分光光度計に、真空顕微システムを導入して揮発性成分分析システムを完成させた。さらに複数の対象火山の地元において、啓蒙および研究成果普及のための講演会を開催した。

3) 平成30年度：

平成30年度は、平成29年度までに行った調査結果をもとに、雌阿寒岳・蔵王山・浅間山・阿蘇山においてトレンチ掘削調査を実施し、噴火履歴を詳細に明らかにした。さらに、平成29年度でより解析が進んだ浅間山では、東南東麓でのボーリング掘削調査も実施し、テフラの主軸においてトレンチ掘削調査では確認できないより古い堆積物について層序を確立した。鬼界ではボーリング掘削を継続して330mまで掘削し、先行活動を含めたカルデラ形成噴火全体の履歴を明らかにした。また、有珠山では噴火開始時期および山

体崩壊発生時期特定のためにボーリング調査を実施した。その他重点火山については、引き続き地表踏査を中心とした調査を行うとともに、重点火山に見落としがないかの検討を全国で実施した。個々の火山において、噴火履歴や噴火様式の明確な試料について基礎的な物質科学的データを収集するとともに、代表的で重要な試料を選択し、「マグマ変遷解析センター」でより高度な物質科学的データを取得した。また、噴火系統樹の作成に用いる噴火履歴調査として、大規模噴火の活動推移に関するデータを得るために、特に国内外の VEI>5 クラスの噴火の活動推移についてデータ収集を行った。さらに、対象火山の地元において啓蒙および研究成果普及のための講演会やトレンチ掘削調査の説明会を開催した。

4) 平成31年度（令和元年度）：

平成31年度（令和元年度）は、平成30年度に行った調査結果をもとに、雌阿寒岳・羊蹄山・鳥海山・秋田焼山・蔵王山・新潟焼山・浅間山・日光白根山・草津白根山・白山・御嶽山・阿蘇山において重機またはトレンチ掘削調査を実施し、噴火履歴を詳細に明らかにした。さらに、摩周およびアトサヌプリでは、ボーリング掘削調査を実施し、過去数万年間の噴火履歴解明に着手した。その他の重点火山については、引き続き地表踏査を中心とした調査を行った。また、4年間の成果を踏まえ、最重点火山・重点火山の見直しを行った。個々の火山において、確立された噴火履歴・噴火推移に基づいて採取された噴出物の基礎的な物質科学的データを取得するとともに、「マグマ変遷解析センター」でより高精度な物質科学的解析を実施した。それらデータより長期マグマ変遷を明らかにし、噴火履歴との関連の検討も進めた。得られた噴火履歴、噴火様式およびマグマの物質科学的性質とその時間変遷についてデータベース化をはかり、可能な火山については時間-噴出量階段図の作成にも着手し始めた。さらに、中長期噴火予測手法および噴火事象系統樹の作成手法について、より研究の進んでいる複数の火山を対象に、試作を通して手法を検討した。また、噴火事象系統樹の作成に用いる噴火履歴調査として、大規模噴火の活動推移に関するデータを得るために、特に国内外の VEI>5 クラスの噴火の活動推移についてデータを収集した。さらに、対象火山の地元において啓蒙および研究成果普及のための講演会を開催した。

5) 令和2年度：

令和2年度は、アトサヌプリ・雌阿寒岳・秋田焼山・秋田駒ヶ岳・鳥海山・蔵王山・栗駒山・浅間山・伊豆大島・草津白根山および志賀火山・白山・九重山・阿蘇山において人力トレンチまたは重機トレンチ掘削調査を実施し、噴火履歴および噴火推移を明らかにする。伊豆大島については、沿岸域の地形地質調査も実施し、長期噴火履歴解明を目指す。アトサヌプリ・羊蹄山・有珠山については、ボーリング掘削調査を行い、火山全体の噴火履歴を明らかにする。その他の火山についても、引き続き地表踏査を中心とした調査を行う。研究の進んでいる火山においては、中長期噴火予測を試行し、噴火事象系統樹の試作を行う。また重点火山に見落としがないかの検討は引き続き全国で実施する。これら地質調査により得られた高精度噴火履歴に基づいて噴出物を採取し、物質科学的解析も実施する。高精度解析を必要とした場合は、北海道大学の「マグマ変遷解析センター」で行う。また個々の火山について、これまでの噴火履歴・噴火活動推移履歴をとりまとめ、可能な

火山については時間一噴出量階段図を作成する。さらに、中長期噴火予測手法および噴火事象系統樹の作成手法について、より研究の進んでいる複数の火山を対象に、試作を通して手法の確立を目指す。また、噴火事象系統樹の作成に用いる噴火履歴調査として、大規模噴火の活動推移に関するデータを得るために、海外事例を中心に噴火推移文献データの収集を行い、コンパイルした情報から噴火推移データ集の作成を進める。さらに、対象火山の地元において啓蒙および研究成果普及のための講演会を開催する。

6) 令和3年度：

最重点火山において、地表踏査、トレンチ掘削およびボーリング掘削を実施して、噴火履歴および噴火推移を明らかにする。重点火山については、地表踏査を中心とした調査を行い、必要があればトレンチ掘削およびボーリング掘削も実施する。阿蘇山および北海道のカルデラ火山においてトレンチおよびボーリングにより調査研究を行う。また重点火山に見落としがないかの検討は引き続き全国で実施する。さらに、海外での噴火事例および噴火事象系統樹との比較研究を行う。個々の火山において基礎的な物質科学的データを収集するとともに、代表的で重要な試料を選択し、「マグマ変遷解析センター」でより高度な物質科学的データを求める。得られた噴火履歴、噴火様式およびマグマの物質科学的性質とその時間変遷についてデータベース化をはかる。重点火山で研究が進展した火山において、中長期噴火予測を行い、結果を公表する。また噴火事象系統樹の試作を行う。対象火山の地元において啓蒙および研究成果普及のための講演会を開催する。

7) 令和4年度：

最重点火山では、地表踏査、トレンチ掘削およびボーリング掘削を実施して、噴火履歴および噴火推移を明らかにする。重点火山については、地表踏査を中心とした調査を行い、必要があればトレンチ掘削およびボーリング掘削も実施する。重点火山に見落としがないかの検討は引き続き全国で実施する。さらに、海外での噴火事例および噴火事象系統樹との比較研究を行う。個々の火山において基礎的な物質科学的データを収集するとともに、代表的で重要な試料を選択し、「マグマ変遷解析センター」でより高度な物質科学的データを求める。得られた噴火履歴、噴火様式およびマグマの物質科学的性質とその時間変遷についてデータベース化をはかる。重点火山で研究が進展した火山において、中長期噴火予測を行い、結果を公表する。また噴火事象系統樹の試作を行う。試作した中長期噴火予測と噴火事象系統樹は関係機関や各火山の火山防災協議会に示し、評価を受けて改善点を探る。対象火山の地元において啓蒙および研究成果普及のための講演会を開催する。

8) 令和5年度：

最終的に最重点火山および重点火山の見直しを行う。最重点火山では、地表踏査、トレンチ掘削およびボーリング掘削を実施し、噴火履歴および噴火推移を明らかにする。重点火山については、地表踏査を中心とした調査を行い、必要があればトレンチ掘削およびボーリング掘削も実施する。個々の火山において基礎的な物質科学的データを収集するとともに、代表的で重要な試料を選択し、「マグマ変遷解析センター」でより高度な物質科学的データを求める。得られた噴火履歴、噴火様式およびマグマの物質科学的性質とその時間

変遷についてデータベース化をはかる。研究が進展した重点火山において、中長期噴火予測を行い、結果を公表する。また噴火事象系統樹の試作を行う。試作した中長期噴火予測と噴火事象系統樹は関係機関や各火山の火山防災協議会に示し、評価を受けて改善点を探る。対象火山の地元において啓蒙および研究成果普及のための講演会を開催する。

9) 令和6年度：

最重点火山では、地表踏査に加えてトレンチ掘削およびボーリング掘削を実施し、噴火履歴および噴火推移を明らかにする。重点火山については、地表踏査を中心とした調査を行い、必要があればトレンチ掘削およびボーリング掘削も実施する。個々の火山において基礎的な物質科学的データを収集するとともに、代表的で重要な試料を選択し、「マグマ変遷解析センター」でより高度な物質科学的データを求める。得られた噴火履歴、噴火様式およびマグマの物質科学的性質とその時間変遷についてデータベース化をはかる。研究が進展した重点火山において、中長期噴火予測を行い、結果を公表する。また噴火事象系統樹の試作を行う。対象火山の地元において啓蒙および研究成果普及のための講演会を開催する。

10) 令和7年度：

研究成果のとりまとめと追加調査および分析を行い、研究成果と、中長期噴火予測と噴火事象系統樹を公表する。参加機関および協力機関の研究者により研究集会を開催し、特に個々の火山の中長期噴火予測と噴火事象系統樹について総括的な議論を行う。そして北海道、東北、関東、中部日本および九州で、中長期噴火予測および噴火事象系統樹に関する公開講演会を行う。また成果物は各火山防災協議会に提供する。

(e) 平成31年度（令和元年度）業務目的

引き続き、中長期噴火予測および噴火事象系統樹作成のための基礎的データ収集に努める。まず最重点火山および重点火山の摩周・アトサヌプリにおいてボーリング掘削調査により、隣接する両火山の噴火連動性の有無に注目して長期噴火履歴を明らかにする。また、鳥海山・阿蘇山をはじめとする12の最重点火山・重点火山について、トレンチ掘削調査を実施し、特に中小規模噴火まで含めた噴火履歴の解明を目指す。その他の重点火山については次年度以降の重点調査に向けて、引き続き野外調査を行うと共に、ボーリング掘削およびトレンチ掘削の調査地点を選定する。これら地質調査により得られた高精度噴火履歴に基づいて噴出物を採取し、物質科学的解析を行うことで、長期マグマ変遷の解明を目指す。産業技術総合研究所では、大規模噴火の活動推移に関するデータを得るために、海外事例を中心に噴火活動推移についてデータを収集する。「マグマ変遷解析センター」では、誘導結合プラズマ質量分析装置を新たに導入し、微量元素の高速・高精度化を目指す。また、引き続き既存装置を整備し、分析ルーチン手法の確立を行うとともに、参加・協力機関の研究者・大学院生の利用受け入れる。さらに、課題責任機関である北海道大学は、防災科学技術研究所（協力機関）とともに、ボーリングコア試料の保管・管理システムの構築準備を行う。そして、随時対象火山の地元において啓蒙および研究成果普及のための講演会を開催する。

(2) 平成31年度（令和元年度）の成果

(a) 業務の要約

最重点火山および重点火山である摩周およびアトサヌプリにおいて、ボーリング掘削を実施した結果、3万5千年間のテフラ層序についての知見を得ることに成功した。阿蘇山では、2019年噴火対応に加え、トレンチ掘削調査を実施し、最近の活動の噴火履歴を明らかにした。鬼界では、昨年度までに実施した深深度ボーリング掘削試料について、放射性炭素年代測定および物質科学的解析を実施し、カルデラ形成噴火の先行活動と考えられる流紋岩溶岩流の噴出年代を明らかにし、カルデラ形成噴火前に未知の玄武岩質・安山岩質溶岩が噴出していることも見出した。また、鳥海山では、野外調査とトレンチ掘削調査を実施し、東鳥海山および西鳥海山の完新世の活動履歴を明らかにした。浅間山においては追加のトレンチ掘削調査を実施し、昨年度までの成果と合わせて、浅間山の完新世の噴火履歴をより高精度に解明した。その他の重点火山を中心とした活火山についても、トレンチ掘削調査や基礎的な地質調査を行った。そして、15火山において次年度のボーリング掘削・トレンチ掘削地点を選定した。さらに、4年間の結果を踏まえ、最重点火山・重点火山の見直しを行った。また、大規模噴火データベースの構築に向けて、国内外の歴史時代に発生した大規模噴火推移に関する詳細データの収集を行った。また北海道大学の「マグマ変遷解析センター」では、誘導結合プラズマ質量分析装置を新たに導入した。同センターでは、引き続き参加・協力機関の研究者を受け入れた。さらに北海道大学では、防災科学技術研究所とともにボーリングコア試料の保管・管理システムの構築準備を行った。

(b) 業務の成果

次に今年度の業務の成果について、4つの研究・検討項目毎に報告する。それらの項目は以下のとおりである。

- 1) 火山の噴火履歴及びマグマ長期変遷に関する基礎的研究（大学連合・産業技術総合研究所）
- 2) 大規模噴火データベースの整備（産業技術総合研究所）
- 3) マグマ変遷解析センターの整備と分析技術開発（北海道大学）
- 4) ボーリングコア試料の保管・管理システムの構築（防災科学技術研究所・北海道大学）

1) 火山の噴火履歴及びマグマ長期変遷に関する基礎的研究

平成31年度（令和元年度）は、最重点火山・重点火山を中心とした全国の活火山において、野外調査、ボーリング掘削・トレンチ掘削調査を実施し、詳細な噴火履歴・噴火活動推移を明らかにした。伊豆大島については野外調査の結果、露出条件の良い露頭が複数見つかかり、十分成果があったため、トレンチ掘削調査を見送った。また、噴火履歴の解明が進んでいる火山については、物質科学的解析も実施し、長期マグマ変遷についても検討した。さらに、次年度掘削調査対象として、15火山を選定した。以下に、主な成果のあった火山について、その概要を述べる。

○雌阿寒岳：地質学的調査およびトレンチ掘削による噴火履歴解明（産業技術総合研究所・大阪府立大学・北海道大学）

1. はじめに

雌阿寒岳は北海道東部の阿寒火山地域にある活火山である。雌阿寒岳の噴火活動は数万年から開始したと考えられており、その後、少なくとも8箇所の噴出中心から噴火を繰り返し、現在の姿に至った。雌阿寒岳 14,000 年前以降の噴火史については、和田ほか(1997)によって地質学的見地からステージ I～III に区分された。しかし、各ステージを特徴付ける堆積物について、山頂部と山麓部での対比が十分ではなく、また分布についても十分には明らかになっていない。我々は 2018 年度から通常の地質調査に加え、人力トレンチ調査を行い、¹⁴C 年代値を基に 14,000 年前以降の噴火活動の再検討を行っている。2019 年度は通常の地質調査・人力トレンチ調査に加え、重機トレンチ調査（3 地点）を行った（図 1・2）。新たに ¹⁴C 年代値を追加し、噴火活動の再検討を行ったので報告する。

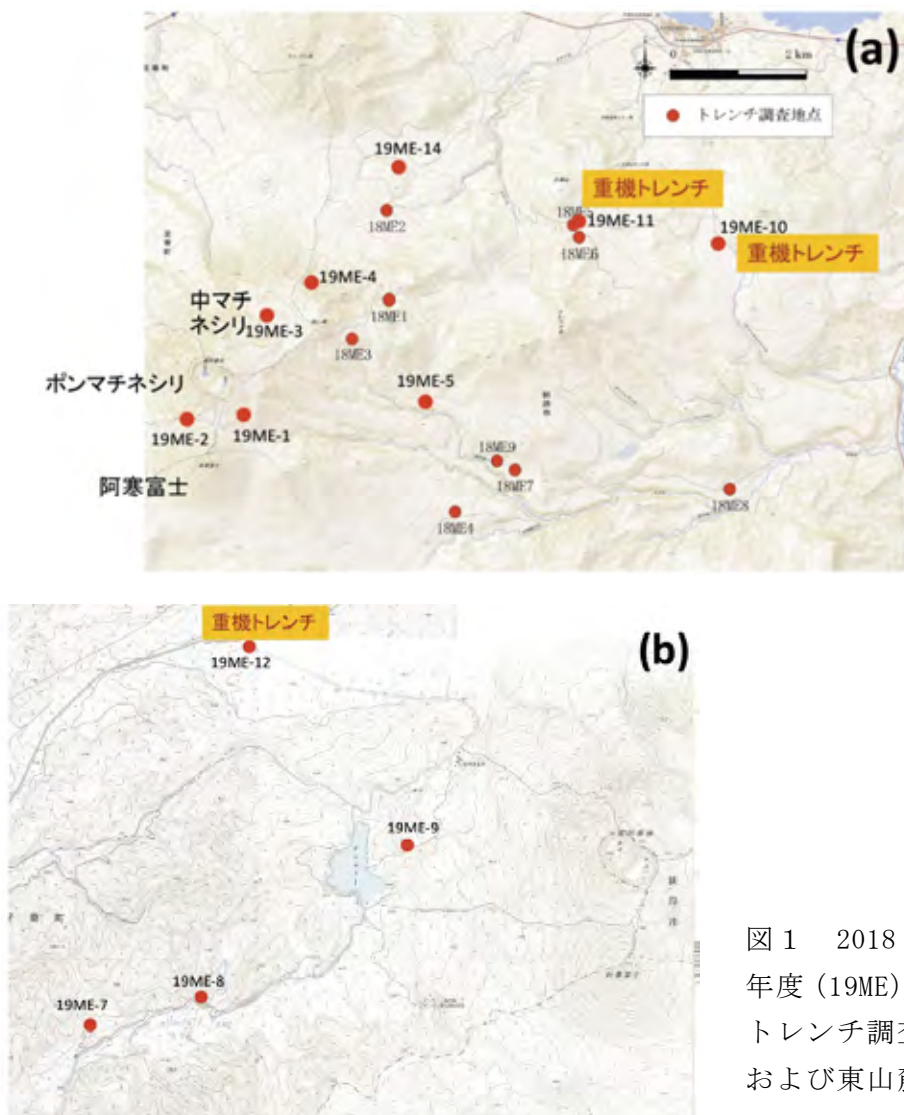


図1 2018年度(18ME)・2019年度(19ME)の人力および重機トレンチ調査地点。(a)山頂部および東山麓、(b)西山麓。



図2 重機トレンチ調査の様子（左は19ME-10地点、右は19ME-11地点）。

2. 調査結果

2019年度調査では堆積物に挟在する土壌および炭化木片から合計17試料の¹⁴C年代値を得た（表1）。噴出物の層序は、全体的に2018年度調査とほぼ同じだが、19ME-12地点では、これまで認識していなかった火砕流堆積物を確認することができた。また、1,000年前以降の噴火の堆積物の分布についてもより詳細に明らかにすることができた。以下に各噴出物について記載する。

表1 雌阿寒岳における¹⁴C年代測定結果。主な試料採取層序は図3を参照。

Sample No.	Sample type	Libby Age (yrBP)	pMC (%)	δ13C (‰)	Calendar age (2σ)
19ME5C-1	soil	630±20	92.47±0.25	-23.63±0.20	660calBP-623calBP (38.0%) 609calBP-555calBP (57.4%)
19ME5C-2	soil	1070±20	87.52±0.24	-24.68±0.20	1051calBP-1027calBP (16.1%) 1004calBP-932calBP (79.3%)
19ME5C-3	soil	950±20	88.80±0.25	-24.30±0.16	928calBP-891calBP (28.0%) 885calBP-796calBP (67.4%)
19ME7C-1	charcoal	9470±40	30.77±0.14	-25.31±0.20	11061calBP-11032calBP (3.1%) 10999calBP-10974calBP (2.4%) 10789calBP-10585calBP (89.8%)
19ME8C-1	charcoal	1730±20	80.63±0.22	-21.17±0.17	1700calBP-1569calBP (95.4%)
19ME10-C1	soil	2580±20	72.52±0.22	-25.00±0.22	2759calBP-2710calBP (95.4%)
19ME10-C2	soil	3220±20	67.01±0.21	-18.99±0.22	3477calBP-3381calBP (95.4%)
19ME10-C4	soil	3480±30	64.81±0.20	-22.75±0.21	3835calBP-3691calBP (93.9%) 3658calBP-3650calBP (1.5%)
19ME10-C5	soil	3890±30	61.65±0.20	-20.49±0.21	4414calBP-4247calBP (95.4%)
19ME10-C6	soil	3890±30	61.60±0.19	-19.25±0.23	4415calBP-4247calBP (95.4%)
19ME11-C1	soil	6160±30	46.44±0.17	-22.87±0.20	7163calBP-6976calBP (95.4%)
19ME11-C5	charcoal	10590±40	26.76±0.12	-23.57±0.21	12679calBP-12521calBP (86.8%) 12477calBP-12429calBP (8.6%)
19101103_CH1	charcoal	12160±40	22.00±0.12	-24.73±0.22	14194calBP-13906calBP (94.8%) 13886calBP-13874calBP (0.6%)
19ME12-C3	soil	730±20	91.30±0.24	-24.58±0.21	693calBP-660calBP (95.4%)
19ME12-C4	charcoal	8400±30	35.14±0.15	-26.14±0.21	94994calBP-9396calBP (83.3%) 9381calBP-9377calBP (0.4%) 9361calBP-9308calBP (11.7%)
19ME12-C7	charcoal	8420±30	35.04±0.14	-22.70±0.26	9524calBP-9405calBP (94.6%) 9339calBP-9333calBP (0.8%)
19ME13-C1	soil	12450±40	21.24±0.11	-24.17±0.21	14928calBP-14240calBP (95.4%)

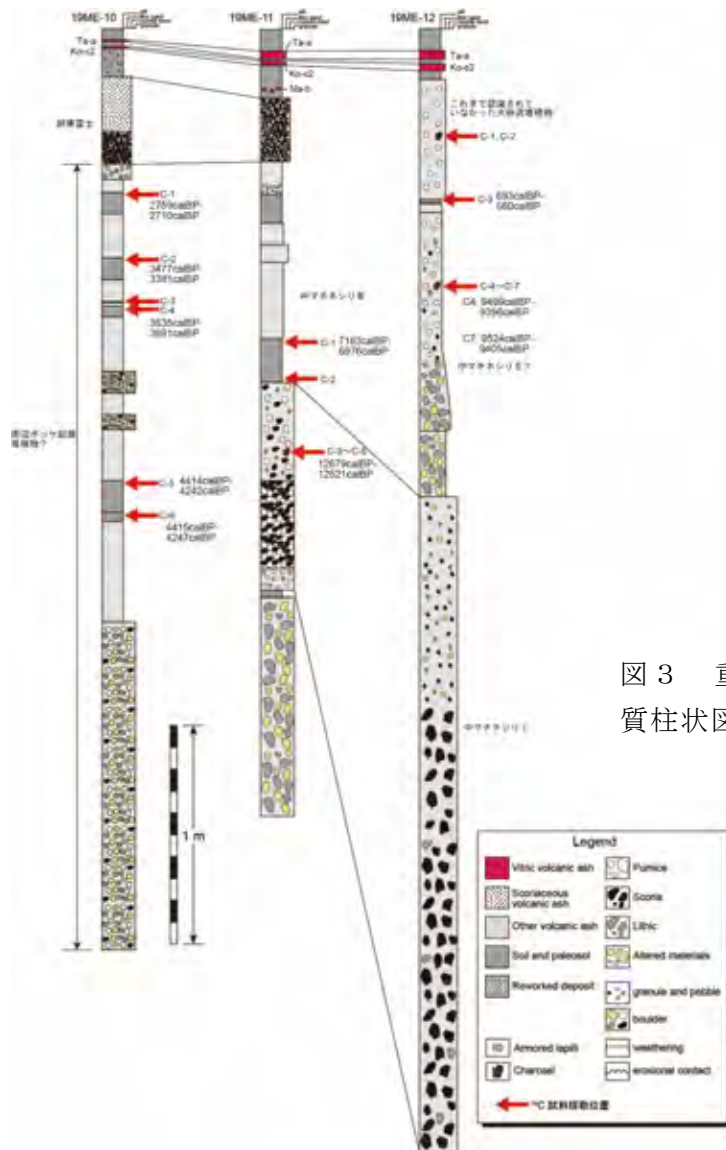


図3 重機トレンチ調査地点の地質柱状図。

2-1 中マチネシリ I 噴出物

重機トレンチ調査2地点（19ME-11・19ME-12）で中マチネシリ I の堆積物が確認できた（図3）。19ME-11では、層厚約40cmの火砕流堆積物と層厚約40cmの降下火砕物が確認でき、火砕流堆積物中の炭化木片から $10,590 \pm 40\text{yrBP}$ （暦年校正年代： $12,679\text{calBP} \sim 12,521\text{calBP}$ （86.8%； 2σ ）、以下同）の年代値が得られた。19ME-12では、層厚3mを超える火砕流堆積物が確認することができた。層相の特徴と ^{14}C 年代から中マチネシリ I 噴出物（和田ほか，1997）に対比できる。

2-2 中マチネシリ II 噴出物

中マチネシリ II の主な堆積物は火砕流堆積物であるが（和田ほか，1997）、その分布については明らかになっていなかった。今回、19ME-7において、和田ほか（1997）の中マチネシリ II に対比できる火砕流堆積物中の炭化木片から $9,470 \pm 40\text{yrBP}$ （ $10,789\text{calBP} \sim 10,585\text{calBP}$ （89.8%； 2σ ））の年代値を得ることができた。また、19ME-12では、中マチネシリ I とは岩相の異なる火砕流堆積物中の炭化木片から $8,400 \pm 30\text{yrBP}$ （ $9,499\text{calBP} \sim 9,396\text{calBP}$ （83.3%； 2σ ））と $8,420 \pm 30\text{yrBP}$ （ $9,524\text{calBP} \sim 9,405\text{calBP}$ （94.6%； 2σ ））の年代値を得ることができ、この火砕流堆積物は中マチネシリ II に対比できる可能性があ

る(図3)。今後、岩石学的にも検討する必要があるが、中マチネシリⅡは、約10,700年前と9,400年前にそれぞれ西および北西に指向性を持って流下した可能性がある。

2-3 中マチネシリⅢ噴出物

2018年度調査から中マチネシリⅢは北東から南東に流下した複数回の火砕サージ堆積物であることが明らかになった。今回の調査でも19ME-11で、全体で層厚60cm程度の火山灰層(各層は数10cm程度)を確認し(図3)、層相から中マチネシリⅢに対比できた。最下部の火山灰層の直下の土壌から $6,160 \pm 30 \text{yrBP}$ ($7,163 \text{calBP} \sim 6,976 \text{calBP}$ (95.4%; 2σ))の年代値が得られ、これは2018年度調査の年代値と整合的な結果であった。

2-4 阿寒富士の噴出物

これまでの調査で阿寒富士の最初期堆積物の直下には数mm～数cm程度の火山灰層の存在を確認していた。2018年度調査では、この火山灰層直下の土壌から約2,500年前を示す ^{14}C 年代値を得た。2019年度調査においても阿寒富士の最初期堆積物の直下に火山灰層が確認でき(図3)、19ME-10では火山灰層直下の土壌から $2,580 \pm 20 \text{yrBP}$ ($2,795 \text{calBP} \sim 2,710 \text{calBP}$ (95.4%; 2σ))の年代値を得ることができた。さらに、最初期堆積物直下の火山灰層から新鮮なガラスを抽出し、EPMAで化学組成を分析した結果、この火山灰層は広域火山灰Ta-c(約2,500年前)であることが明らかになった。 ^{14}C 年代値および広域火山灰層の発見から、阿寒富士の活動は約2,500年前以降に開始したことが分かった。また、19ME-8では、阿寒富士の溶岩直下の炭化物から $1,730 \pm 20 \text{yrBP}$ ($1,700 \text{calBP} \sim 1,569 \text{calBP}$ (95.4%; 2σ))の年代値が得られた。これまでの調査で、阿寒富士の最終的な噴火堆積物の直上にはわずかな土壌を挟んで火山灰層(後述のPon-1)が堆積しており、その火山灰層の中にさらにパッチ状に広域火山灰であるMa-b(約1,000年前)が含まれていることが分かっていた。したがって、阿寒富士は約2,500年前以降に活動し、1,000年前までには活動を終えていたことが明らかになった。

2-5 1,000年前以降の噴出物

2019年度調査では、19ME-1・19ME-2・19ME-5において阿寒富士の堆積物の上にポンマチネシリ起源の堆積物が存在することを確認した。それらは3層に分けられ下部からPon-1・Pon-2・Pon-3とした。Pon-1には上述のMa-bが含まれることから約1,000年前の噴火であり、Pon-2およびPon-3はそれぞれの堆積物の直下の土壌の ^{14}C 年代から、それぞれ約700年前、約400年前の噴火と判断できた。図4に噴出物の分布を示す。また、19ME-12では、地上から比較的浅いところに火砕流堆積物を確認することができ(図3)、その堆積物の直下の土壌から $730 \pm 20 \text{yrBP}$ ($693 \text{calBP} \sim 660 \text{calBP}$ (95.4%; 2σ))の年代値が得られた。年代値としては、Pon-2に対比でき、その時期に北西方向に火砕流を流下した可能性がある。

3. 調査結果のまとめ

2019年度調査では、新たに重機トレンチ調査を行った。特に19ME-12から中マチネシリⅡと考えられる堆積物、そして1,000年前以降の火砕流堆積物を確認することができた。今後岩石学的を加え、さらに詳細な噴火活動史を検討する予定である。

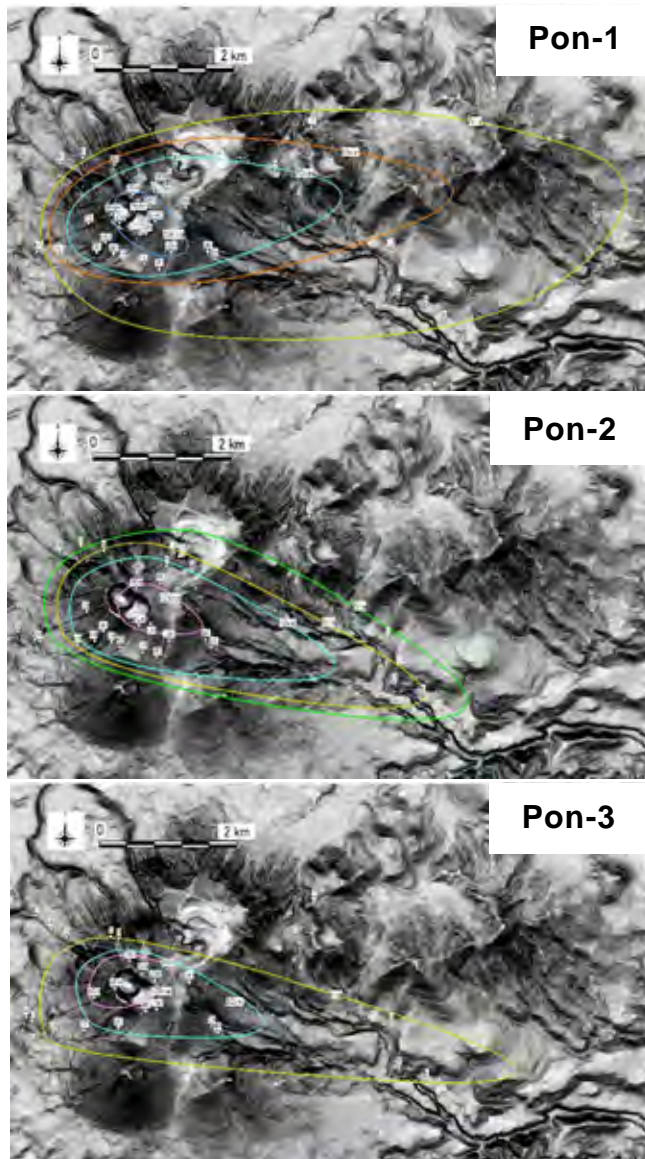


図4 1,000年前以降の噴出物の等層厚線図。

○摩周・アトサヌプリ：野外調査およびボーリング掘削調査による噴火履歴・噴火推移の解明（北海道大学・茨城大学）

北海道東部には、地形的にもマグマ組成的にも区別できる3つの第四紀カルデラ火山が近接しており、これらを形成した大規模噴火の活動中心は、時間とともに阿寒、屈斜路そして摩周火山へと移動している。その中でも、後期更新世以降に活動した屈斜路軽石流1（勝井・佐藤，1963）（40 cal ka：最新の屈斜路カルデラ形成噴火）と、その後に活動を開始した摩周火山・アトサヌプリ火山について、現地調査、ボーリング掘削試料観察および室内分析を行い、噴火層序や様式の変遷などを検討した。以下にその成果をまとめる。

（1）屈斜路軽石流1（Kp1）の噴火層序と推移（茨城大学）

Kp1 が広く分布する屈斜路カルデラ北方地域を踏査し（図 5）、本堆積物を下位から Unit 1~Unit 9 に細分した（図 6）。Unit 1 は白色、礫支持の軽石層で、細礫サイズの軽石・石質岩片が主体であり、遊離結晶およびシルト質火山灰も少量含む。Unit 2 は白色のシルト質火山灰層で、火山豆石および遊離結晶を大量に含む。Unit 1・2 はカルデラ北東約 30 km の範囲に分布する。Unit 3・4 はそれぞれ白色の軽石層、白色のシルト質火山灰層で、下位の Unit 1・2 と類似した層相セットであるが、Unit 1・2 より分布域が広い。Unit 5 は白色、礫支持の軽石層で、Unit 1・3 の軽石層よりも粗粒で発泡が良く、カリフラワー状軽石も含む。Unit 6 は火山豆石を含む白色のシルト質火山灰層で、最大層厚で 2 m 以上と厚く、道東全域に分布する。本地域の広域テフラであるクッチャロ庶路火山灰（Kc-Sr）（町田・新井，2003）に相当する。Unit 7 は白色、非溶結の軽石流堆積物で、カルデラ北東~西方向に広く分布する。最大規模ユニットで、平均層厚は数十 m である。基底部には、石質岩片・遊離結晶の濃集層（Ground layer）が認められ、Unit 6 以下には認められない新鮮な安山岩質岩片に富む。Unit 8 は白色のシルト質火山灰層、Unit 9 は白色、非溶結の軽石流堆積物である。Unit 8・9 の分布は屈斜路カルデラ北方向に限られる。

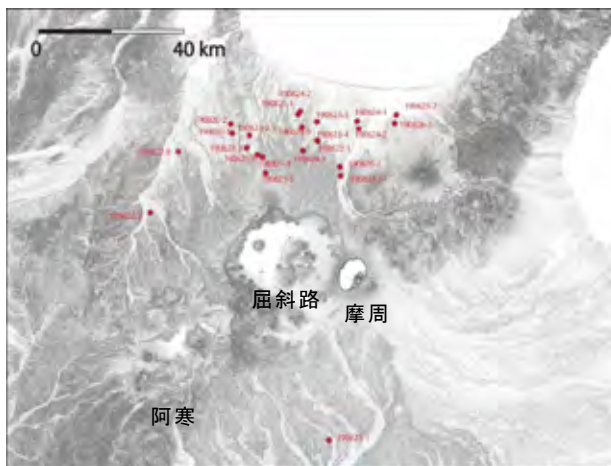


図 5 調査地点図（国土地理院電子地図）。



図 6 Kp1 噴火堆積物の模式柱状図。

軽石の斑晶および遊離結晶の鉱物組合せは、全ユニットに共通して斜長石、輝石、かんらん石からなるが、Unit 6 以降の軽石には、かんらん石はごくまれ（あるいは含まれない）である。粒度分布をみると、Unit 1~3 はバイモーダルで、粗粒側は $-1\sim 0\phi$ 、細粒側は 5ϕ にピークを持つ。一方、Unit 4~6 はユニモーダルで、Unit 1~3 よりも淘汰が良くなる（図 7）。石質岩片の割合は、Unit 1~3 で 26~38 wt%、Unit 4~6 では 3~11 wt%である（図 8）。

Unit 1~3 は共通して、1) マグマの水冷破砕で生成されたと考えられる極細粒ガラス (5ϕ) に富み、2) 比較的淘汰が悪く、3) 分布域も限られ、4) 石質岩片に富む。これらのことから Kp1 噴火では、上昇してきた珪長質マグマと過剰な外来水が接触し、やや不安定な噴煙柱を形成しながら噴火が開始したと考えられる。Unit 4~6 は、下位ユニットよりも広範囲に堆積し、石質岩片の量も減少することから、火道が安定し、高い噴煙柱を形成した。特に広域テフラである Unit 6 は、浮力を効率的に獲得できる比率でマグマと外来水が接触していたと思われる。また、前半ユニットにかんらん石斑晶が普通に認められることから、噴火開始期の苦鉄質マグマの混合が示唆される。Unit 7 は、Kp1 の体積の大半

を占める火砕流で、石質岩片の種類もそれまでとは異なることから、この時にマグマ噴出率が過剰となり、噴煙柱崩壊そしてカルデラ崩壊が起きたと思われる。Ground layer の発見により、高速で流動化度の高い流れであったことも分かる。噴火の最盛期をむかえた後、火口域はカルデラ北側に限定され、比較的小規模な Unit 8・9 を噴出して Kp1 噴火は終息した。本地域では、続いて大規模噴火活動の中心が、東部の摩周火山へと移行する。

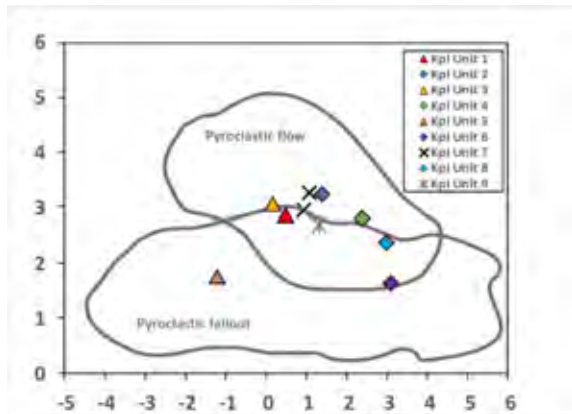


図7 Kp1 各ユニットの粒度組成（枠線は Walker, 1971）。

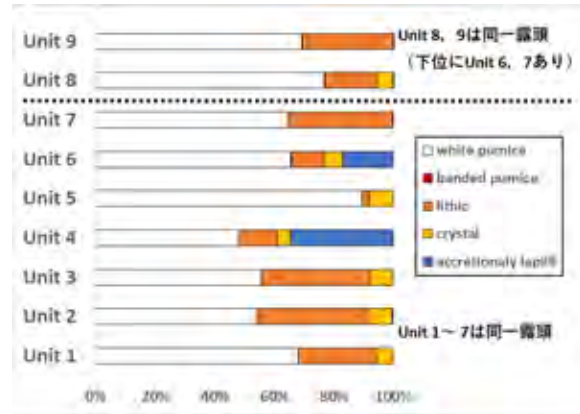


図8 Kp1 各ユニットの構成物量比（32～1 mm）。

（2）摩周火山およびアトサヌプリ火山の噴火履歴解明（北海道大学・茨城大学）

摩周火山およびアトサヌプリ火山は後屈斜路カルデラ火山に位置付けられ、4万年前の Kp1 噴火以後、数千年に及ぶような長期の休止期間を経ずに活動を開始した（長谷川ほか，2009）。この過去約4万年間の活動では、摩周火山は苦鉄質マグマが卓越する時期が2回繰り返したとされているが、山体近傍ではその後の摩周カルデラ形成期噴出物に覆われて露出に乏しいため、噴火の回数や規模、噴火様式等については不明な点が多い。一方、アトサヌプリ火山は、Kp1 噴火後、苦鉄質マグマの活動により外輪山を形成し、その後降下軽石を伴うような爆発的噴火に移行した。最近1万5千年間は溶岩ドーム形成（現在のアトサヌプリ溶岩ドーム群）が主体であるとされているが、その詳細は不明である。そこで、図9に示す2地点（C1、C2）でボーリング掘削を実施した（掘削深度は地点C1；50 m、地点C2；100 m）（図10）。地点C1は摩周火山の東南東約12 kmに位置するカンジウシ山（標高276.9 m）近傍である。カンジウシ山は摩周火山の活動に関連したスコリア丘の可能性が考えられるが、その形成過程は不明であった。地点C2は摩周火山の東南東約6.5 kmに位置しており、両火山のテフラを観察できることが期待される場所である。

C1 コアは、深度0.0 m～1.7 mには黒ボク土を挟んで3枚のテフラ層が認められ、層相と層準から、上位より Ma-b・Ma-c・M-d に対比される。深度3.5～4.9 mは Ma-1 に対比される。深度5.0～10.0 mにはテフラ層が3枚認められ、いずれも白色軽石が主体であるが一部にスコリアや石質岩片を含む。深度11.0～25.3 mは土壌を介しない一連の軽石及びスコリアからなり、以下の層相からカンジウシ山を形成する火山噴出物と判断できる。噴出物下部にあたる深度25.5～24.0 mはほとんどが白色軽石からなり、一部には火山豆石が認められる。深度24.0 m付近より上部では灰色軽石や縞状軽石が含まれ、上位ほどそ

の割合が増加する。さらに、深度 15.0 m 付近より上位では黒色軽石やスコリアが含まれ、軽石は水平方向に扁平化するなど弱溶結の岩相を示す（図 1 1 左上写真）。軽石の最大粒径は 7 cm 以上と大きく、これら一連の噴火堆積物は火口近傍相と考えられ、カンジウシ山起源と結論できる。

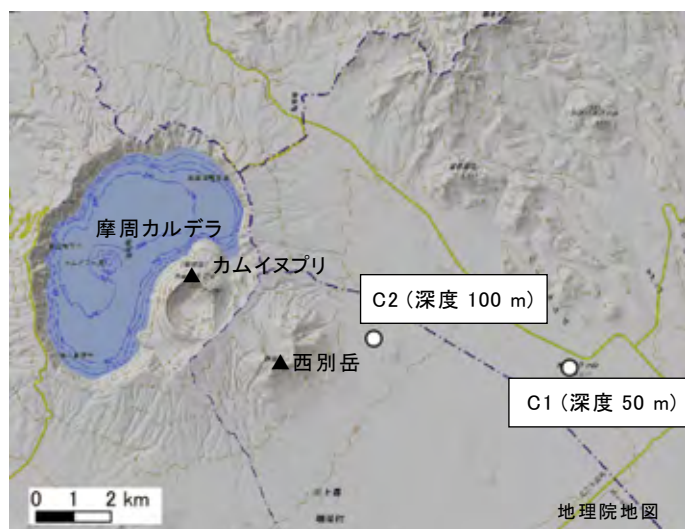


図 9 ボーリング掘削地点。



図 10 ボーリングコア写真
(左：C1、右：C2)。

深度 34.5～40.2 m 及び深度 45.2～48.1 m には白色軽石からなる火砕堆積物が認められ、発泡度がよくやや斑晶が多いといった軽石の特徴からアトサヌプリ火山起源の噴出物と考えられる。深度 40.2～40.3 m には角閃石を含む細粒砂サイズの薄い火山灰層が認められるが、北海道東部の火山噴出物には角閃石は含まれないことから、この火山灰層は広域テフラの可能性はある。深度 50.1～50.5 m は粗粒砂～細粒砂サイズのスコリア層である。

C2 コアは、深度 0.0～4.9 m には黒ボク土を挟んで 8 枚のテフラ層が認められ、上位から Ma-b・Ma-c1～Ma-c4・Ma-d・Ma-e・Ma-e' に対比される。深度 4.9 m～15.4 m は降下火砕物及び火砕流堆積物からなり、Ma-j～Ma-f に対比できる。深度 26.5～30.5 m は降下火砕物であり、軽石の最大粒径は 20 cm と非常に粗粒で内部が赤色酸化していること等から、摩周火山が給源と考えられる（図 1 1 右上写真）。深度 38.5 m～53.6 m は主に火砕流堆積物からなり、軽石は発泡の悪い白色～灰白色が主体で、一部にはスコリアが含まれる（図 1 1 右下写真）。深度 72.0～77.5 m の火砕堆積物は軽石の特徴からアトサヌプリ火山を給源とする堆積物と考えられる。深度 87.4～97.0 m には 5 枚のテフラ層が認められるが風化変質の程度がやや大きい。

コアに含まれる火山噴出物の堆積年代を明らかにするため、黒ボク土もしくは褐色土壌を採取し、AMS 法により放射性炭素年代を測定した（表 2）。C1 コアのカンジウシ山噴出物（深度 11.0～25.3 m）の直下の土壌からは 27,800 yBP の年代値が得られた。今後化学組成分析等による検討が必要であるが、カンジウシ山は、摩周火山の活動と並行して形成された可能性がある。また、年代・層序的に角閃石を含む火山灰層は、大雪御鉢平テフラ (Ds-0h : 38,000 yBP) と思われる。この場合、45.2～48.1 m の白色軽石流は Kp1 に対比され、その下位に摩周系のスコリアが存在することになる。つまり、摩周火山は屈斜路の後カルデラ火山ではなく、屈斜路カルデラの活動と時期を重ねながら活動を開始した可能性が指

摘できる。C2 コアの深度 72.0~77.5 m の火砕堆積物直下の土壌からは 22,970 yBP の年代値が得られ、アトサヌプリ火砕流に対比されると思われる。年代・層序から見て C1 コアの深度 5.0~10.0 m のテフラ層 3 枚及び C2 コアの深度 26.5~30.5 m テフラ層は、軽石の特徴や層序関係から、茶内テフラ層（宮田ほか，1988）のいずれかにそれぞれ対比されると考えられる。

摩周火山及びアトサヌプリ火山は組成の異なる独立したマグマ系が活動しており、火山ガラス組成においても摩周火山は低カリウム、アトサヌプリ火山は中カリウムの組成をもつ（長谷川ほか，2009）（図 1 2）。現段階では一部のコア試料の分析にとどまっているが、今後、コア試料について系統的な火山ガラス組成分析等を実施し、噴出物の対比と給源の決定を進める予定である。

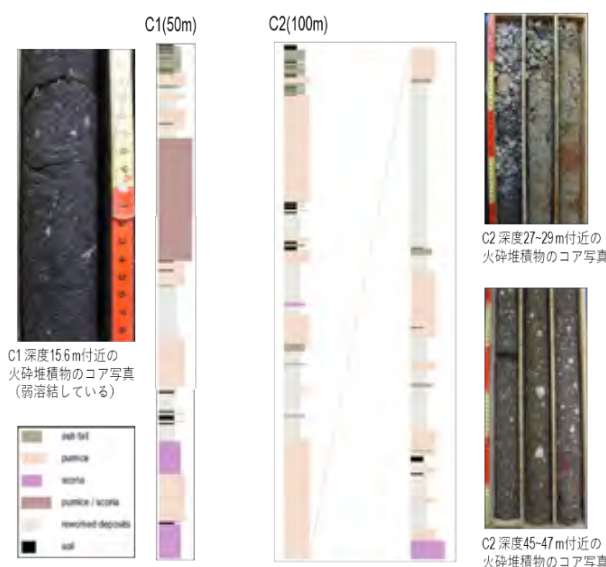


図 1 1 ボーリングコアの柱状図。

表 2 放射性炭素年代測定結果。

地点	試料名	採取深度(m)	試料形態	$\delta^{13}C$ (‰)	^{14}C 年代(yrBP)	2 σ 暦年代範囲
C1	191521	2.95	土壌	-23.28±0.26	7,000±30	7933calBP-7746calBP(95.4%)
C1	191522	25.30	土壌	-30.47±0.30	27,800±120	31820calBP-31240calBP(95.4%)
C2	191524	15.40	土壌	-21.73±0.27	7,360±30	8303calBP-8257calBP(11.1%) 8250calBP-8244calBP(0.6%) 8215calBP-8038calBP(83.7%)
C2	191525	19.10	土壌	-27.34±0.26	10,610±122	12695calBP-12528calBP(92.5%) 12462calBP-12438calBP(2.9%)
C2	191527	19.65	土壌	-26.06±0.24	17,580±60	21485calBP-20995calBP(95.4%)
C2	191528	77.50	土壌	-26.93±0.29	22,970±90	27511calBP-27087calBP(95.4%)
C2	191529	90.05	土壌	-32.05±0.28	30,370±150	34693calBP-34039calBP(95.4%)

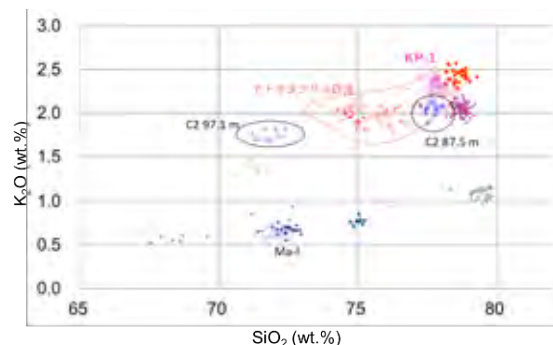


図 1 2 火山ガラス組成分析結果。

引用文献

- 勝井義雄・佐藤博之（1963）1/50,000 地質図幅「藻琴山」および同説明書．北海道開発庁，42p.
- 町田洋・新井房夫（2003）新編火山灰アトラス．日本列島とその周辺．東京大学出版会，336p.
- Walker, G.P.L.（1971）Grain size characteristics of pyroclastic deposits. J. Geol., 79, 696-714.
- 長谷川健・岸本博志・中川光弘・伊藤順一・山元孝広（2009）北海道東部，根釧原野および斜里平野における約 3 万 5 千～1 万 2 千年前のテフラ層序と後屈斜路カルデラ火山の噴火史．地質学雑誌，115(8)，369-390.
- 宮田雄一郎・山口昇一・矢崎清貫（1988）1/50,000 地質図幅「計根別地域の地質」および同説明書．地質調査所，77p.

1. はじめに

北海道中央部に位置する十勝岳火山群は、標高 1,400-2,000m の複数の成層火山体および溶岩ドームからなる火山群である。最近 5,000 年間は十勝岳の北西火口域において活動が継続している（藤原ほか, 2007, 2009 ; 石塚ほか, 2010）。また、20 世紀に 3 回のマグマ噴火を起こしており、1926 年には大規模な火山泥流により、国内最大級の災害が発生している。一方、その十勝岳の南部には「ヌッカクシ火口」（石塚ほか, 2010）が存在する（図 1 3）。江戸時代の安政年間に噴気が認められていたという古記録をもとに「旧噴火口」あるいは「安政火口」と呼ばれていたが（勝井ほか, 1963 ; 石川ほか, 1971）、この火口の活動履歴については、過去数千年間の間に水蒸気噴火があったことが指摘されている（斎藤ほか, 1997, 1998）以外は不明な点が多く、今後の課題とされている。そこで本年度は、ヌッカクシ火口周辺の活動履歴を明らかにするために、赤色立体地図による地形観察および野外調査を実施した。

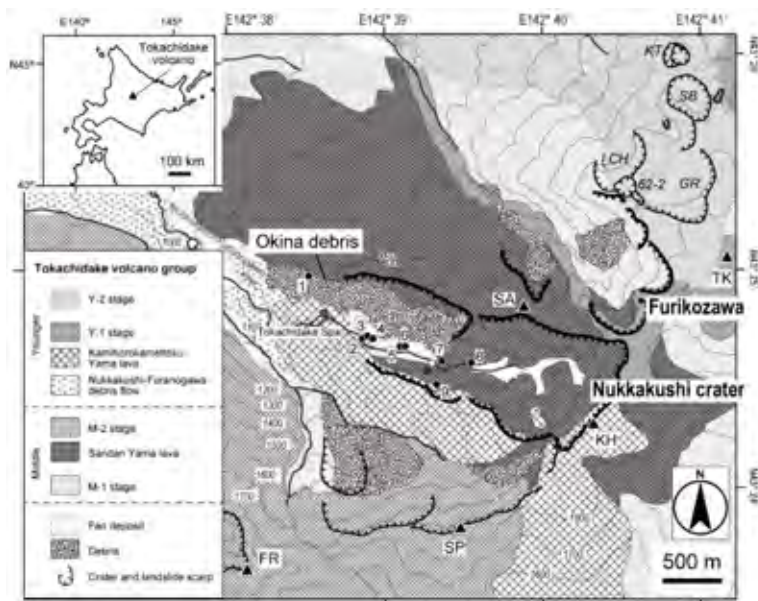


図 1 3 十勝岳、ヌッカクシ火口域周辺の火山地質図（石塚ほか, 2010）。SA : 三段山、KH : 上ホロカメットク山、SP : 三峰山、FR : 富良野岳、TK : 十勝岳、GR : グラウンド火口、SB : 播鉢火口、KT : 北向火口、CH : 中央火口、62-2 : 62-2 火口。本研究の調査地点を黒丸（柱状図作成）および白丸（露頭観察）で示している。

2. ヌッカクシ火口域周辺の地形

ヌッカクシ火口は、十勝岳北西火口域のような明瞭な火口地形は示さず、崩壊・侵食が進んでいる（図 1 4）。ヌッカクシ火口の周辺には、崩壊地形と思われる振子沢が隣接しており、南側の三峰山にも北斜面に崩壊壁が認められる。被覆関係をみると、この三峰山の崩壊地形を覆うように上ホロカメットク溶岩類の一部および三段山溶岩類が分布し、それらを切るようにヌッカクシ火口および振子沢が存在している。ヌッカクシ火口および振子沢源頭部では、崩壊に伴う斜面地形が主体である。また、三段山の中腹および上ホロカメットク山南部には明瞭な火口地形が確認できる。ヌッカクシ火口の西側には、ヌッカクシ富良野川に沿って、明らかに新鮮な崩壊地形が認められる。その付近には流れ山地形が確認でき、十勝岳温泉周辺のものとは従来の研究で報告されている翁溶岩地すべり堆積物に相当すると考えられる。

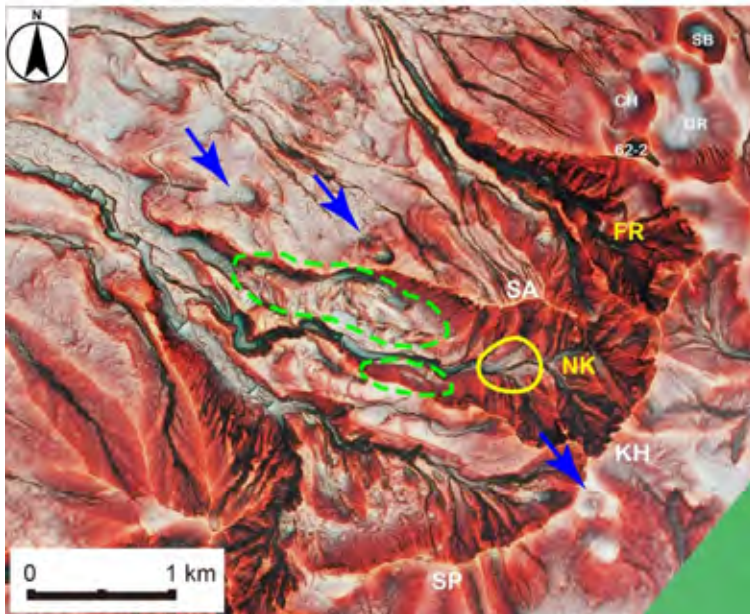


図14 ヌッカクシ火口域の赤色立体地図(アジア航測株式会社制作・国土交通省北海道開発局旭川開発建設部治水課提供)。FR:振子沢、NK:ヌッカクシ火口、SA:三段山、KH:上ホロカメットク、SP:三峰山、GR:グラウンド火口、CH:中央火口、SB:播鉢火口、62-2:62-2火口。矢印は火口地形を、緑(破線)は流れ山地すべり地形を、黄色(実線)は現在のヌッカクシ火口内の噴気地帯の中心部を示す。

3. テフラ層序

野外調査において、テフラ層についてその直下または直上に明瞭な土壤に挟まれるものを1枚のテフラ層と認識した。その結果、ヌッカクシ富良野川沿いで計5枚のテフラを認識した(図15)。下位からN-1~N-5とし、下位より記述する。

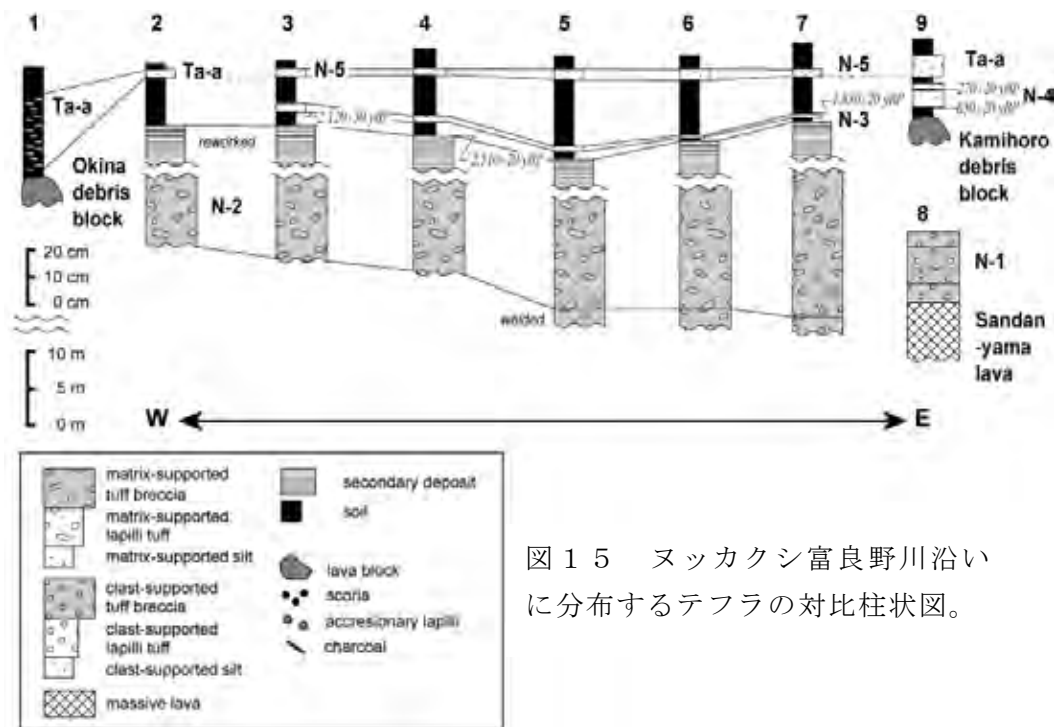


図15 ヌッカクシ富良野川沿いに分布するテフラの対比柱状図。

N-1 (模式地: 地点 8) N-1 は、ヌッカクシ火口遊歩道の分岐点付近(地点 8)において観察できる層厚 10m 凝灰角礫岩であり、白灰色の変質した塊状溶岩(以下、三段山溶岩類と呼ぶ)を直接覆い、この付近の表層を構成している(図16a・16b)。N-1 は礫支持の堆積物であり、岩相の違いから層厚 2-3m の 4 枚のサブユニットに区分される。直径 1m 超

の鋭角な灰色石質岩片（最大粒径 2m）とその間埋める赤褐色・白色・黄褐色火山灰からなり、全体としてマントルベディング構造を示すことから、降下火砕物であると考えられる。
N-2（模式地：ヌッカクシ富良野川河岸） 地点 8 から十勝岳温泉付近までのヌッカクシ富良野川の河岸には、最大層厚 20m の黄褐色を呈する弱溶結～未固結の凝灰角礫岩が連続して露出している（図 1 6 a・1 6 c）。基質支持構造を示し、亜角礫の灰色および淡褐色の変質岩片（最大粒径 2m）の間を黄褐色火山灰が埋める。地点 a では、基盤の弱溶結の赤褐色凝灰角礫岩（ヌッカクシ富良野川岩屑なだれ堆積物）を覆っており、弱い成層構造をもつ（図 1 6 d）。下流になると、N-2 は無層理の凝灰角礫岩になる。これらの産状から、N-2 は土石流堆積物であると考えられる。ヌッカクシ火口周辺では、三段山の崩壊・浸食による複数の斜面崩壊堆積物が認められていることから（図 1 6 a）、N-2 も三段山の崩壊による岩屑流である可能性が高い。なお、発生年代については不明である。

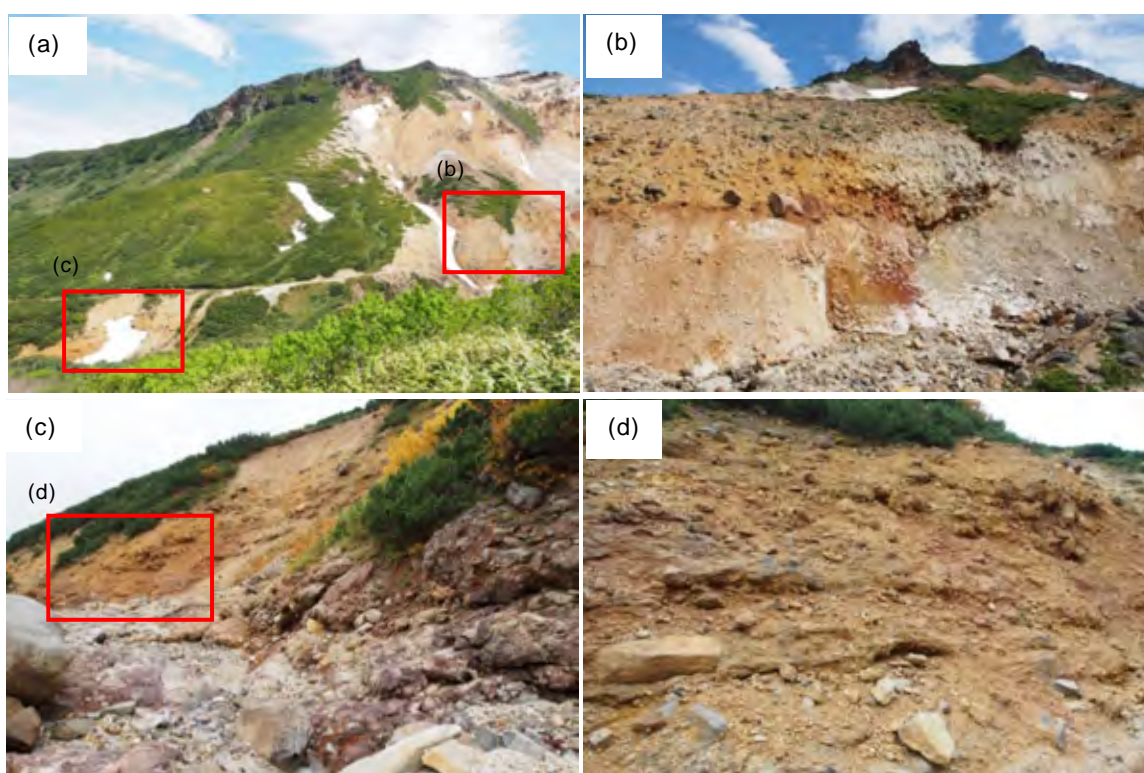


図 1 6 (a)南方から望む三段山とヌッカクシ火口遊歩道。(b)地点 8 の露頭写真。(c)地点 a の全体写真。(d)成層構造を示す N-2 堆積物。

N-3（模式地：地点 3） N-2 相当の再堆積層の上位に認められる白色粘土質火山灰層である。模式地の地点 3 では、厚さ 3 cm の土壌を挟んで認められ、層厚は約 3cm である（最大粒径：3mm、平均粒径：1mm）（図 1 7）。水平方向の連続性は悪く、レンズ状に連なる産状が多い。また、ヌッカクシ火口に近づくにつれ、薄くなる傾向がある（図 1 5）。構成物は白色変質岩片が主体で、褐色変質岩片、灰色弱変質岩片、少量の遊離結晶も含まれる。地点 3 における直下の土壌および地点 7 における直上の土壌から、それぞれ $2,120 \pm 30$ yBP ($2,154-2,004$ calBP: 2σ , 以下同じ) および $1,830 \pm 20$ yBP ($1,824-1,708$ calBP) の放射性炭素年代値が得られた。これらの産状より、N-3 は水蒸気噴火による降下火山灰堆積物であると考えられる。地点 3 付近で粗粒になり層厚も大きくなること、三段山中腹には

明瞭な火口地形が確認できることから（図14；以下、三段山中腹火口と呼ぶ）、この火口が給源である可能性が高い。

N-4（模式地：地点9） ヌッカクシ火口遊歩道から上ホロカメットク山へ向かう登山道沿いの地点9で確認された土壌混じりの淡灰色火山灰層である。ここでは、厚さ5cmの土壌を挟んで地すべり堆積物の上位に認められる。ごく薄い（<0.6cm）土壌を挟んで2枚のサブユニットに区分される。構成物は、垂角礫の白色変質岩片、褐色変質岩片、灰色弱変質岩片、少量の遊離結晶からなる。直下の土壌およびサブユニット間に介在する土壌から、それぞれ 650 ± 20 yBP（601-559 calBP）および 270 ± 20 yBP（322-284 calBP）の放射性炭素年代値が得られている。また、N-4の上位には層厚2cmの土壌を挟んでTa-aテフラ（後述）が堆積する。このテフラは降下火砕物であると考えられるが、給源は不明である。

N-5（模式地：地点5） ヌッカクシ火口遊歩道沿いで表層から約5~10cmの位置に認められる白色~淡褐色火山灰層である（図17）。水平方向の連続性が良く、N-3とセットで観察されることが多い。模式地の地点5において、厚さ25cmの土壌を挟んでN-3の上位に堆積する。最大層厚は4cm・最大粒径1cmで、模式地から離れるにつれ細粒になり薄くなる（平均粒径1mm、層厚2cm）（図15）。構成物は、主に無色ガラスが付着した遊離結晶と無色ガラス片からなり、その他に白色変質岩片・褐色変質岩片・灰色弱変質岩片が含まれる。なお、この火山ガラス片の化学組成はTa-aテフラと一致する（後述）。N-1テフラは、ヌッカクシ火口から離れるほど層厚が増大し、構成物も粗粒になることから、N-3と同様に、模式地近くの三段山中腹火口由来と考えられる。



図17 ヌッカクシ火口遊歩道沿いの地点3の露頭写真とスケッチ。三角は放射性炭素年代測定用の試料を採取した部分を示す。

4. 広域テフラおよび降下火山灰中の火山ガラス組成

本調査では、ヌッカクシ富良野川沿いにおいて広域テフラを認識した。最大層厚10cmの火山灰層で、平均粒径1mmの軽石質ガラスと鉱物片（斜長石・直方輝石・単斜輝石・不透明鉱物）からなる。この広域テフラについて、火山ガラス組成分析を行ったところ、いずれの地点の試料も樽前aテフラ（西暦1739年）に同定された（図18）。また、地点1において翁溶岩地すべり堆積物の上位の土壌中にもTa-aテフラが存在することを確認した。さらに、ヌッカクシ富良野川沿いの最上位の降下火砕物（N-1）に含まれる新鮮な火山ガラス組成を分析したところ、いずれもTa-aテフラと類似した組成を示すことが分かった。

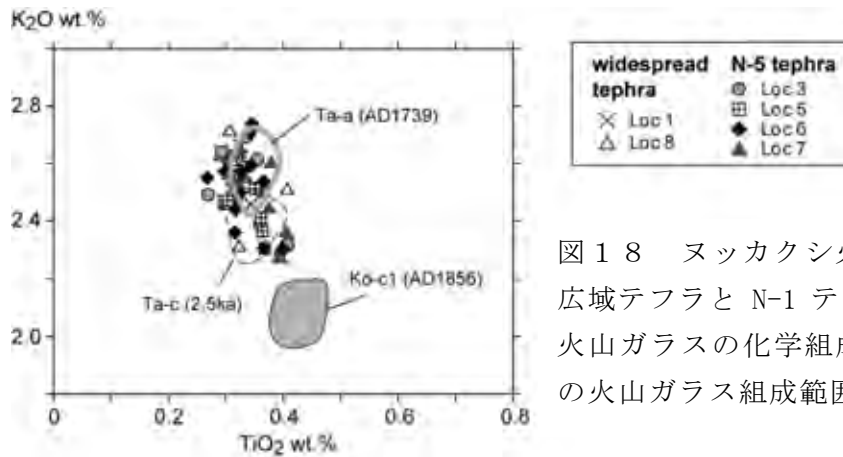


図 1 8 ヌッカクシ火口域に分布する広域テフラと N-1 テフラ中に含まれる火山ガラスの化学組成。近傍層の試料の火山ガラス組成範囲も示している。

5. まとめと今後の課題

今回の調査によって、ヌッカクシ富良野川沿いに計 5 枚のテフラを認識した (図 1 5)。それらのうち、噴火年代が不明な N-1・N-2 を除く 3 枚は完新世の活動によるものである。齋藤ほか (1997, 1998) では、ヌッカクシ富良野川沿いにおいて、過去 3,000 年間に 3 枚の水蒸気噴火堆積物 (直下または直上の土壌より、2,770 calBP・1,960 calBP・620 calBP) を見出しているが、N-5 テフラはいずれにも該当せず今回初めて認識したテフラであるといえる。N-5 テフラは、広域テフラ Ta-a (1739 年) の火山ガラス片を多く含むことから、18 世紀以降に堆積した、つまり、ヌッカクシ火口域では 18 世紀以降に噴火が起きたといえる。ヌッカクシ火口が「安政火口」という別名をもつ所以は、N-5 噴火が発生したからなのかもしれない。今後は、さらに調査範囲を広げ、本地域の完新世の活動履歴を明らかにし、十勝岳北西火口域の活動との関連を検討していく必要があると考えられる。

謝辞

本調査は、小林卓也氏の卒業研究に追加調査を実施したものである。調査を行うにあたり、現地管理官事務所、教育委員会、森林管理署の皆様にご協力いただいた。また、アジア航測株式会社および国土交通省北海道開発局旭川開発建設部治水課からは赤色立体地図をご提供頂いた。これらの方々に深く感謝いたします。

引用文献

- 藤原伸也・中川光弘・長谷川撰夫・小松大祐 (2007) 北海道中央部, 十勝岳火山の最近 3,300 年間の噴火史. 火山, 52, 253-271.
- 藤原伸也・石塚吉浩・山崎俊嗣・中川光弘 (2009) 十勝岳北西麓で新たに発見された 4,700 年前の火砕流堆積物と十勝岳の完新世の活動の再検討. 火山, 54, 253-262.
- 石川俊夫・横山泉・勝井義雄・笠原稔 (1971) 十勝岳, 火山地質・噴火史, 活動の現況および防災対策. 北海道防災会議, 136p.
- 石塚吉浩・中川光弘・藤原伸也 (2010) 十勝岳火山地質図 1:30,000. 火山地質図 16, 産総研地質調査総合センター, 8p.
- 勝井義雄・高橋俊正・土居繁雄 (1963) 5 万分の 1 地質図幅「十勝岳」および説明書. 北海道開発庁, 47p.

齋藤裕子・堀伸三郎・市川八洲夫・槇納智裕（1997）十勝火山群，上ホロカメットク火山の最近の火山活動．日本火山学会 1997 年度秋季大会要旨集，101．

齋藤裕子・槇納智裕・松尾淳・堀伸三郎（1998）ヌッカクシ富良野川沿いの火山活動に伴う土砂移動．平成 10 年度砂防学会研究発表会概要集，310-311．

○樽前山：物質科学的解析による噴火準備段階の研究（北海道大学）

1. はじめに

樽前火山は、本プロジェクトでは重点火山に指定されている活火山である。これまで4回の大規模な噴火があり（9,000年前の Ta-d・2500～2700年前の Ta-c・1667年の Ta-b・1739年の Ta-a）、各噴火では0.1～1 km³のマグマを噴出した（古川，1998）。そのうち、Ta-b は最大規模のプリニー式噴火であり、噴煙柱は成層圏まで達したと考えられている。その後は 1981 年までに複数回の小規模噴火があり、現在は火山性地震および噴気の活動にとどまっているが、地下にはまだなお高温のマグマが控えており、今後、Ta-b 規模の噴火が再来する可能性が危惧されている。本研究では、いったいどのような仕組みで、この最大規模の Ta-b 噴火が発生したのかを明らかにすることを目的とし、噴火直前のマグマ溜まりの状態を究明することにした。本年度は、メルト包有物の主成分の分析結果を報告する。

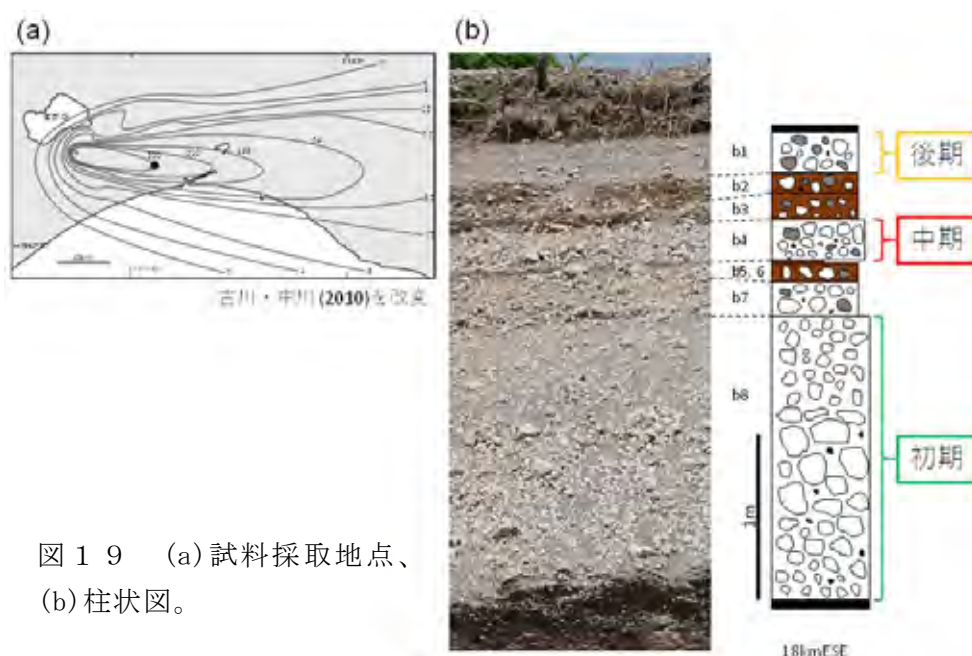


図 19 (a) 試料採取地点、
(b) 柱状図。

2. 手法

樽前山の東南東 18 km の地点において、Ta-b 噴火の初期～後期までの噴出物を系統的に採取した（図 19）。各サブユニットから白色軽石を採取し、鉄乳鉢で軽く砕き、最も多く含まれる斜長石斑晶を取り出した。そして、斜長石斑晶中のメルト包有物を露出させ、電界放出型電子プローブマイクロアナライザ (JEOL JXA-8530F) を用いて主成分を分析した。メルト包有物は、斑晶鉱物中に閉じ込められた小さなガラス粒子であり、噴火時の脱ガス

を免れている。そのため、マグマ溜まり内部での揮発性成分の挙動という、噴火トリガーに密接に関係する要素を解明する上で、メルト包有物を解析することは極めて有用である。

3. 結果

斜長石斑晶中のメルト包有物を図 2 0 に示す。メルト包有物は無色～淡色透明であり、小さな収縮気泡 (shrinkage bubble) を含んでいるものが多かった。このことは、多くのメルト包有物はリークせず、捕獲時の揮発性成分を保持していることを示唆する。

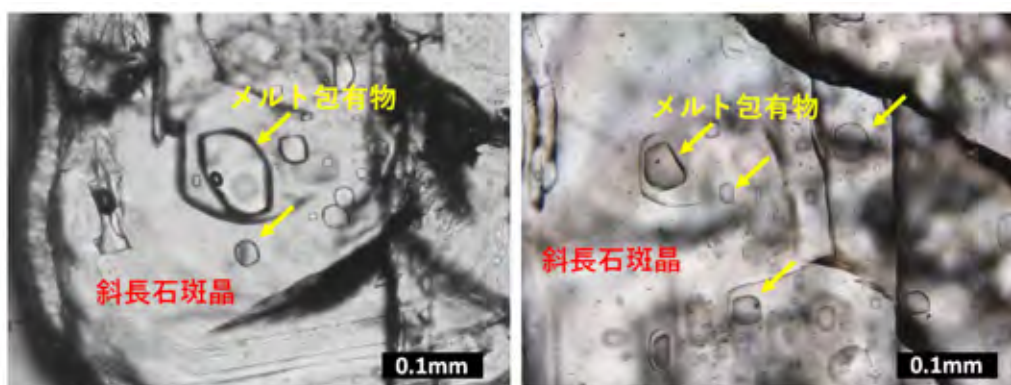


図 2 0 斜長石斑晶中のメルト包有物。

メルト包有物の化学組成を図 2 1 に示す。これによると、メルト包有物の化学組成は流紋岩質であり、噴火初期・中期・後期に系統的な変化は確認できない。このことから、メルト組成は、マグマ溜まりの深度や位置によらず、一定であったと考えられる。

今後は、メルト包有物の揮発性成分 ($H_2O \cdot CO_2 \cdot S \cdot Cl$) の濃度分析を行う。 H_2O-CO_2 濃度と溶解度則から包有物の捕獲深度を計算する。そして、マグマ溜まり内の各深度で、揮発性成分がどのように分布していたかを調べてゆく。

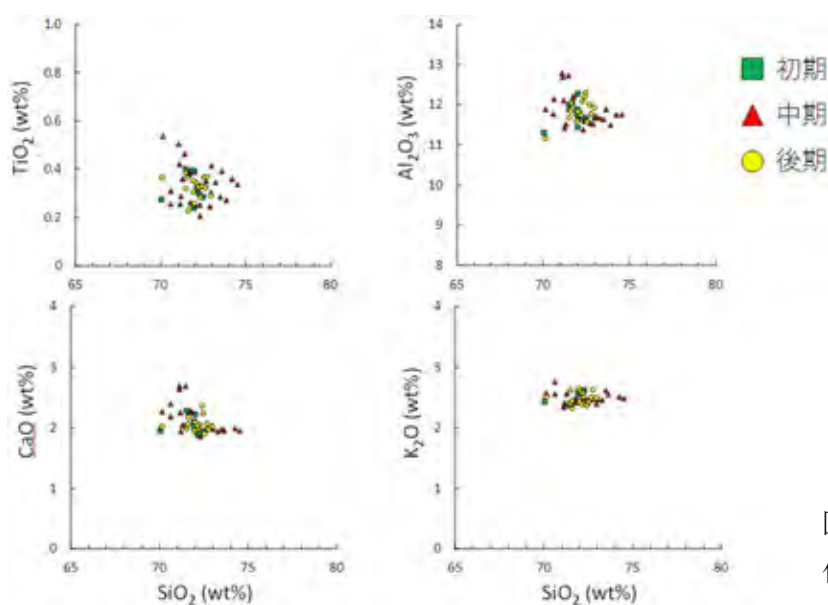


図 2 1 メルト包有物の化学組成。

○羊蹄山：山麓トレンチ掘削調査による噴火史の再検討（北海道大学・電力中央研究所）

1. はじめに

羊蹄火山は、南西北海道中央部に位置する第四紀の成層火山（標高 1,898 m）である。本火山の火山活動は、これまでに山頂周辺の噴出物や山麓のテフラ層序・年代の研究により、少なくとも約 5 万年前～数千年前まで活動したことが明らかにされてきた（上澤ほか，2011；Uesawa et al., 2016）。その後、Ammamiyasaka et al. (2020)により、羊蹄火山起源と考えられる 7～8 万年前の火山灰層が東部石狩低地帯に存在すると報告されたため、山麓の火山灰層で対応する層の存在を検討し、羊蹄山の爆発的噴火がいつから始まったのかを確かめる必要が出てきた。また、西山麓の噴火によって形成された半月湖は周辺地域の火山防災を考える上で重要であるが、噴火年代が不明である。そこで、今回は上記の問題を解決するために、羊蹄山麓の 2カ所で掘削調査を実施した（図 2 2）。

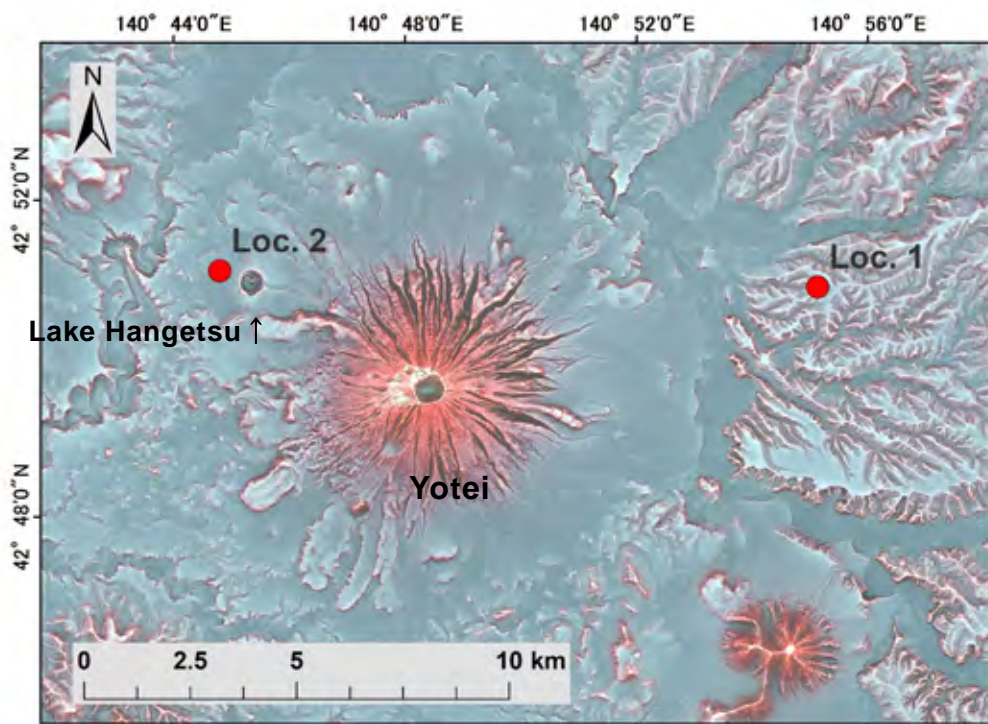


図 2 2 掘削地点位置図。ベースマップの赤色立体地図は、国土地理院提供の 10m DEM を用いてアジア航測（株）により作成された。

2. 羊蹄火山東麓における掘削

地点 1 では、約 5～2 万年前までのテフラ層が露頭で観察される（図 2 2）。そこで、露頭の下部を掘削し、より下位の噴出物の発見を目的とした。幅約 2m、深さ約 5m の掘削を行った結果、新たに明灰色～灰褐色の 8 枚の降下火砕物を認識した。EPMA によるガラス組成分析により、このうち 6 枚が羊蹄山起源（Y019-3-10～15）、2 枚が他火山起源（Y019-3-8・9）であると推定された（図 2 3・2 4）。しかしながら、今回の調査では、羊蹄山の爆発的噴火の開始時期を明らかにすることは出来なかった。今後は、さらに深部へと掘り進めると共に、より詳細な噴出物の記載と岩石学的な分析・解析を進めていく予定である。



図 2 3 掘削地点 1 の写真。Y39～Y43 は既知テフラ (Uesawa et al., 2016)。Y019-3-1～15 が採取したテフラのサンプル番号を示しており、オレンジ色が羊蹄火山起源、緑色が他火山起源と考えられる。

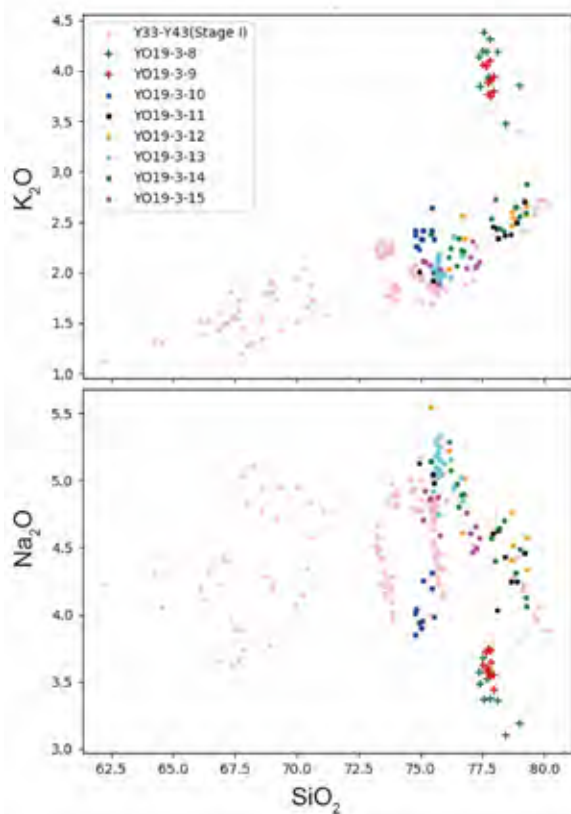


図 2 4 代表的なガラス組成のハーカー図。他火山起源と考えられるテフラは、 K_2O に富み、 Na_2O に乏しい。Y33～Y43 のガラス組成は、Uesawa et al. (2016) より引用した。

地点 2 は、約 1 万年前頃に噴出したと考えられる半月湖噴出物の火口近傍にあたり（図 2 2）、その層位・年代を把握できると考えられる。そこで、5m 四方、深さ 3m の掘削を行い、イベント堆積物の下位の土壌の放射性炭素年代測定を実施した。測定は（株）加速器分析研究所に依頼した。その結果、半月湖噴出物を直接観察することは出来なかったが、山麓斜面を覆う 2 枚の土石流堆積物（下位より L1、L2）とその下位に Y6 噴出物（21,806-21,254 cal. yBP; Uesawa et al., 2016）の再堆積層を観察することができた（図 2 5）。土石流堆積物直下の土壌層の放射性炭素年代値は、上位から 10,301-10,582 cal. yBP および 11,756-12,061 cal. yBP であった。掘削地点は半月湖噴出物が分布すると考えられる場所であり、半月湖噴出物がこれらの堆積物を覆っていないことから、少なくとも半月湖の噴火は完新世以前であると考えられる。しかし、どの層位より上位なのか下位なのかを明確に判断することは出来なかった。今後は土石流堆積物の構成物の解析などを行い、詳細な検討を進める予定である。



図 2 5 掘削地点 2 の写真。

引用文献

- Amma-Miyasaka, M., Miura, D., Nakagawa, M., Uesawa, S., Furukawa, R. (2020) Stratigraphy and chronology of silicic tephras in the Shikotsu-Toya volcanic field, Japan: Evidence of a Late Pleistocene ignimbrite flare-up in southwestern Hokkaido. *Quaternary International*, in press.
- 上澤真平・中川光弘・江草匡倫（2011）南西北海道，羊蹄火山の完新世噴火史の再検討。火山，56，51-63.
- Uesawa, S. Nakagawa, M., Umetsu, A. (2016) Explosive eruptive activity and temporal magmatic changes at Yotei Volcano during the last 50,000 years, southwest Hokkaido, Japan. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 325, 27-44.

a) 目的と調査位置

秋田県北東部に位置する秋田焼山火山は、約25万年前から活動を開始した成層火山であり、歴史時代に複数の噴火が記録される活火山である。最近の活動では1997年の5月に北東麓の澄川地区で地すべりに伴う小規模な水蒸気噴火が発生したほか、同年8月には山頂火口にて水蒸気噴火が発生しているなど、現在にいたるまで活発な活動が継続している。本火山では、これまでの予察的な報告から（伊藤，1998；筒井・伊藤，2002）、有史時代にすくなくとも3回の噴火が発生したことが示されているものの、詳細な活動履歴は検討されていない。そのため本調査では山体近傍の21地点で人力トレンチ調査および地表踏査を行い、¹⁴C年代測定の結果と併せて火山活動履歴の再検討を試みた（図26）。



図26 秋田焼山火山の調査地点（白丸）。地点番号は図28の柱状図に対応した地点を示す。国土地理院2万5千分の1地形図「八幡平」および「玉川温泉」を使用した。

b) 降下火砕物の層序および¹⁴C年代測定結果

今回、秋田焼山火山起源の7枚の降下火砕物と、1枚の広域テフラ（十和田aテフラ（To-a；青木・町田，2006））を確認した（図27・28）。また狭在する土壌から、計6試料の¹⁴C年代値を得た（表3）。本調査では秋田焼山起源の降下火砕物を、上位から1997年噴出物、AKY-1、AKY-2、AKY-3、AKY-4、AKY-5、AKY-6と便宜上呼ぶ。このうち、AKY-5の直下に狭在する土壌から、 $3,210 \pm 30$ yrBPならびに $2,870 \pm 20$ yrBPの年代が得られたことから、最近約3,000年間に少なくとも6回の噴火が地質記録から読み取れる。以下に各噴出物の概略を、下位から記載する。



図 2.7 秋田焼山火山における降下火山灰層の層相。(左) 地点 7、(右) 地点 8。調査地点は図 2.6 を参照。

AKY-6 最大層厚 4 cm の黄灰色～灰色の細粒火山灰層であり、山頂火口（湯沼）から西方～北方の 3 地点で確認できる。下位の溶岩とはローム層を介して接する。白色の変質粒子が卓越し、新鮮な軽石を僅かに含む。

AKY-5 最大層厚 3 cm の黄褐色～灰白色を示す火山礫凝灰岩ないし細粒火山灰であり、山頂火口から東方に主に分布する。下位の AKY-6 とは土壌を介して接する。この土壌からは $3,210 \pm 30$ yrBP ならびに $2,870 \pm 20$ yrBP の年代が得られ、紀元前 10～16 世紀頃の活動に由来すると考えられる（表 3）。青灰色から白色を呈する変質岩片を主体とし、ごく少量の軽石を含む。年代値と層相から、伊藤（1998）の粘土質火山灰（ $3,020 \pm 60$ yrBP）に対比される。

AKY-4 本調査で確認された降下火砕物の中で最も広範囲に分布し、山体全域で確認できる。最大層厚は湯沼南西で 30 cm に達する。山頂近傍では最大礫径 15 cm の軽石と数 cm 内外の黒曜石岩片を含む黄褐色凝灰角礫岩として、遠方では細粒火山灰層として産する。基質部には白色から黄褐色の変質岩片が卓越する。下位の AKY-5 との間には土壌が発達し、この土壌から $2,340 \pm 20$ yrBP の年代値が得られたことから、噴火年代は紀元前 4 世紀から 5 世紀頃と推定される（表 3）。軽石を多量に含む特徴から、筒井・伊藤（2002）の Ay-2 に対比される可能性がある。

AKY-3 最大層厚 5 cm 程度の明灰色細粒火山灰として産する。山頂から北東方向に分布するものの連続性が悪い。白色から黄褐色の変質岩片を主体としガラス光沢を示す軽石質粒子を僅かに含む。下位の AKY-4 を直接被覆する地点が多いが、北麓の一部では土壌が狭在する場合もある。この土壌から $1,830 \pm 20$ yrBP の年代値が得られたことから、紀元 2 世紀から 3 世紀頃の活動に由来すると考えられる（表 3）。

AKY-2 最大層厚 5 cm 程度の白色ないし黄褐色細粒火山灰層として産する。主として山頂

から東方に分布する。白色の変質岩片を主体とし、弱く変質したスコリア粒子を伴う。十和田 a テフラ とは最大 5 cm の土壌を介して接する。この土壌から 270 ± 20 yrBP の年代値が得られたことから、噴火年代は 16 世紀から 18 世紀頃と推定される (表 3)。年代値と層相から、伊藤 (1998) の粘土質火山灰 (280 ± 40 yrBP) に対比される可能性がある。

AKY-1 白色変質岩片を主体とする灰色火山灰ないし火山礫凝灰岩として産し、楯森山頂での最大層厚は 5 cm である。連続性が悪く、本調査地域内では 3 地点でのみ確認される。下位層の AKY-2 との間には土壌を介し、この土壌から 60 ± 20 yrBP の年代値が得られたことから、噴火年代は 17 世紀以降と推定される。

1997 年噴出物 山頂近傍の 2 地点でのみ確認される。地表下数 cm に発達する土壌中に散在する火山礫ないしパッチ状火山灰として確認でき、最大層厚は楯森付近で 3 cm である。

c) まとめ

秋田焼山火山で、山体近傍の 21 地点で人力トレンチ調査および地表踏査を行い、¹⁴C 年代測定の結果と併せて火山活動履歴の再検討を試みた結果、過去 3,000 年間において従来報告されていた 3 枚の降下火山灰層に加えて、新たに 3 枚の降下火山灰層を見出した。

引用文献

- 青木かおり・町田洋 (2006) 日本に分布する第四紀後期広域テフラの主元素組成 — K₂O-TiO₂ 図によるテフラの識別. 地質調査研究報告, 57, 239-258.
- 伊藤順一 (1998) 秋田焼山における水蒸気爆発の発生履歴. 日本地質学会第 105 年学術大会講演要旨, 349.
- 筒井正明・伊藤英之・秋田県鹿角建設事務所 (2002) 秋田焼山起源のテフラ及びその噴火年代. 日本火山学会講演予稿集, 173.

表 3 秋田焼山火山における ¹⁴C 年代測定結果。
試料採取層準は図 2-8 に示す。(株) 加速器分析研究所測定。

Sample ID	Sample type	δ ¹³ C (‰)	Libby Age yrBP	pMC %	calendar age (1σ)	calendar age (2σ)
190812006-C1	soil	-27.74 ± 0.26	2870 ± 20	69.94 ± 0.21	3056-3053 calBP (1.5%) 3033-3013 calBP (13.0%) 3008-2954 calBP (53.6%)	3069-2924 calBP (94.0%) 2903-2894 calBP (1.4%)
180802002-2-1	soil	-28.17 ± 0.34	1830 ± 20	79.62 ± 0.22	1812-1733 calBP (68.2%)	1822-1711 calBP (95.4%)
180802006-2	soil	-29.52 ± 0.40	3210 ± 30	67.08 ± 0.21	3449-3397 calBP (68.2%)	3475-3376 calBP (95.4%)
180802006-4	soil	-28.17 ± 0.33	2340 ± 20	74.69 ± 0.22	2358-2341 calBP (68.2%)	2425-2390 calBP (5.2%) 2382-2327 calBP (90.2%)
180802007-5	soil	-26.21 ± 0.35	60 ± 20	99.20 ± 0.27	244-231 calBP (12.4%) 131-117 calBP (10.3%) 68-36 calBP (45.6%)	255-223 calBP (21.5%) 138-96 calBP (19.0%) 83-31 calBP (54.9%)
180802003-2	soil	-27.40 ± 0.29	270 ± 20	96.68 ± 0.25	421-411 calBP (12.1%) 316-292 calBP (56.1%)	429-378 calBP (31.5%) 320-285 calBP (62.3%) 166-157 calBP (1.6%)

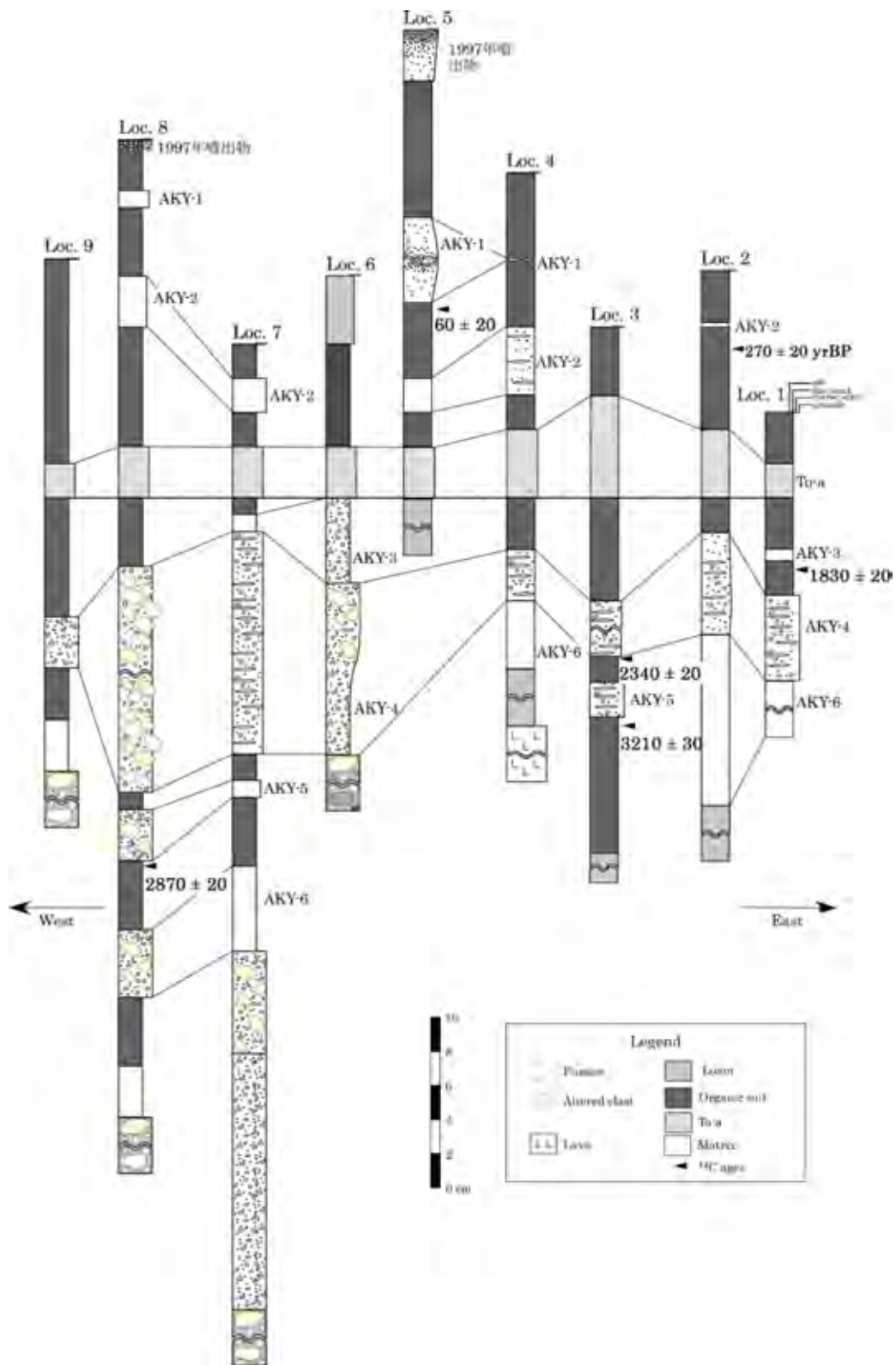


図 2 8 秋田焼山火山で認められた火砕堆積物の対比柱状図。図中の ¹⁴C 年代は Libby age。

○秋田駒ケ岳：更新世末期から完新世の噴火履歴と噴火様式の解明（北海道大学・株式会社エンバイオ・エンジニアリング）

1. はじめに

秋田駒ケ岳は東北地方北部、岩手・秋田県境に分布する仙岩火山地域の南西端に位置する活火山である。本火山は 1970 年にはマグマ噴火が起こり、溶岩を流出した。最近では 2017 年以降、地震活動がやや活発となり山頂付近での熱活動の上昇傾向が続いている。蔵王山や吾妻山と共に、東北地方では近い将来の噴火活動が危惧されている火山のひとつである。本火山の形成史については須藤・石井（1987）の研究により概要が明らかにされ、成層火山体形成期、北部および南部カルデラ形成期および後カルデラ形成期の 3 つに大別された。その後、和知ほか（1997）により更新世末期から現在までのテフラ層序の概要が明らかにされた。一方、北部カルデラについては山体崩壊壁であり、カルデラは南部カルデラのみが形成されたことが明らかになった（土井ほか，1997）。それらを受けて、藤縄ほか（2004）ではテフラと山体の対比が試みられ噴火史をまとめた（図 2 9）。これまでの研究によるカルデラ形成期以降の噴火史・山体形成史の主な問題点は以下のとおりである。

- (1) 10 世紀初頭から約 1,000 年間の静穏期は事実か。
- (2) カルデラ形成噴火の推移と様式が明らかになっていない。
- (3) 後カルデラ活動期の噴火履歴・噴火様式および噴出量が明らかになっていない。

上記の問題点を解明することを目的として、2019 年度より地質調査を開始した。その結果、上記（1）に関して新たな知見を得たので報告する。

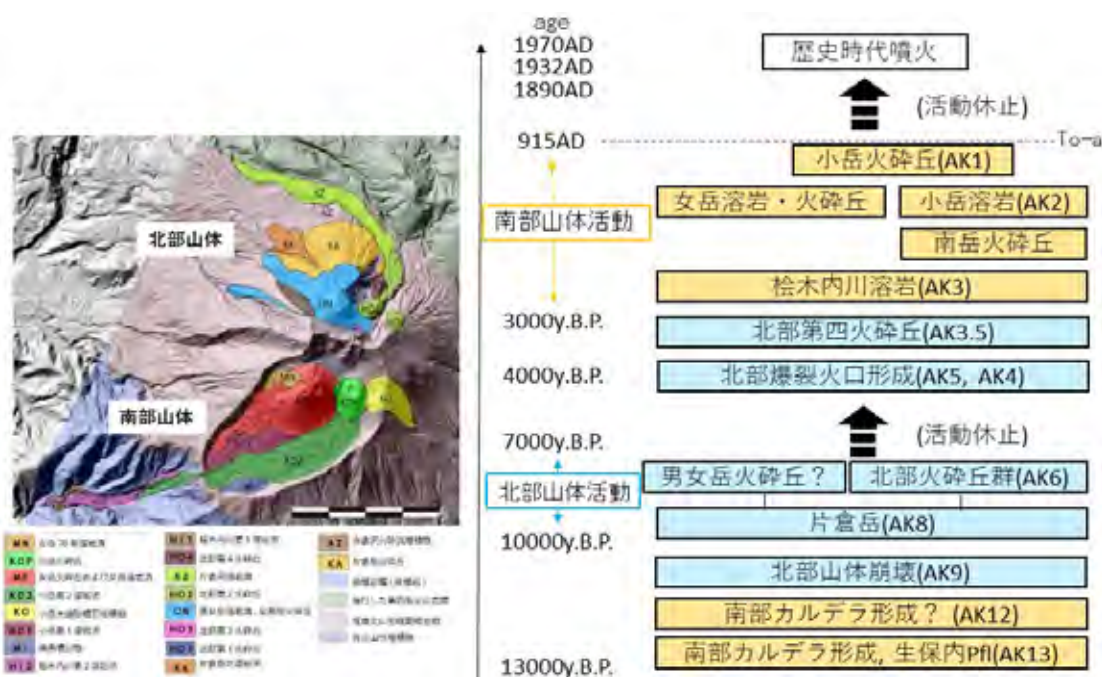


図 2 9 秋田駒ケ岳のカルデラ形成期以降の地質図と噴火史（藤縄ほか（2004）を改変）。AK-1～13 は和知ほか（1997）によるテフラユニット。後カルデラ期については北部山体から流出した溶岩流の分布が過少評価の可能性がある。また南部カルデラでは桧木内溶岩と南岳火砕丘の活動時期を再検討する必要がある。

2. 最近 1,000 年間の噴火履歴の再検討

南部カルデラは約 1 万 3 千年前に形成され（和知ほか, 1997）、その後約 3,000 年前から女岳と小岳が活動を開始し、約 1,000 年前からは 19 世紀まで休止期であったと考えられている（藤縄ほか, 2004）。これによるとカルデラ底を埋積している多くの溶岩流（図 3 0）は 3,000～1,000 年前に活動したことになる（図 2 9）。

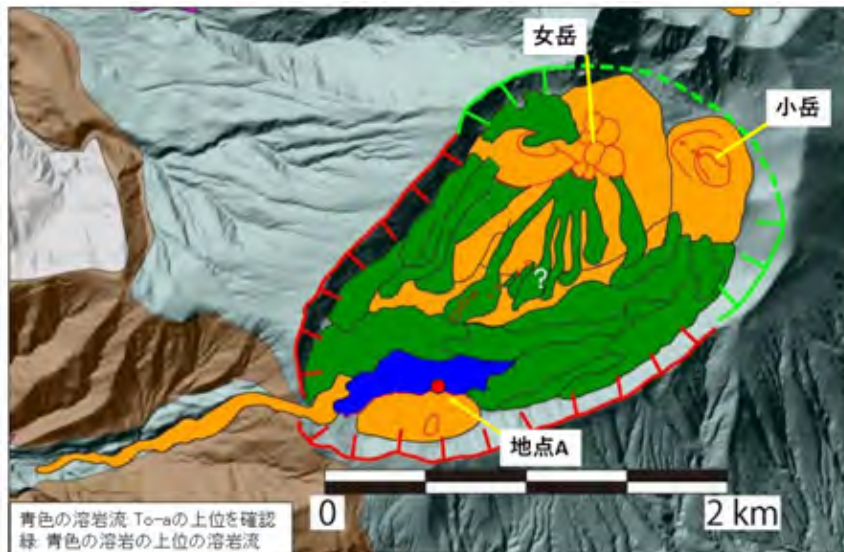


図 3 0 南部カルデラと、小岳および女岳より流出した溶岩の分布。地点 A の産状を図 3 1 に示した。緑色で塗色した溶岩流は、青で塗色した溶岩流（図 3 1）より新しい溶岩流。

今回、カルデラ内南部（図 3 0）で小岳溶岩流の直下の土壌層において複数のテフラ層を見出した（図 3 1）。ここでは最下位に 1 万 2 千年前の Ak-12（和知ほか, 1997）に対比される火砕流堆積物（新発見）、その上位には約 30cm の土壌層があり、その中に約 3,500 年前頃の水蒸気噴火由来と考えられるテフラ層が 2 枚認識された。そしてその上位の土壌層の最上部の約 5 cm の部分、つまり小岳溶岩流直下の土壌には径 1～2 mm 程度の軽石が散在していた。この軽石はガラス組成分析から、十和田火山の西暦 915 年噴火の産物であることがわかった（To-a テフラ）。この結果、図 3 0 の地点 A に分布する溶岩流は 1,000 年前より新しいことが明らかになった。この溶岩流は、カルデラ底を埋積する溶岩流の中では比較的下位に位置し、直接の被覆関係や、溶岩流表面地形の保存状況の比較から、この溶岩流よりも新しいと判断される溶岩流が多数存在すると考えられる（図 3 1）。地形的に判断して、これらの溶岩流の多くは小岳から流出したと考えるが、並行して女岳からも溶岩が流出していると推定できる。1970 年の溶岩流出噴火は 1,000 年間の休止期の後の本格的マグマ噴火ではなく、同様の噴火は最近の 1,000 年間の間に継続していたことが明らかになった。

3. まとめと今後の課題

今年度の研究によって、秋田駒ヶ岳では従来考えられていたような 19 世紀までの約 1,000 年間の静穏期は存在せず、その間も活発な噴火活動が継続していたことが明らかになった。また図 3 1 で明らかになった 1 万 2 千年前の活動に対比される火砕流の発見は、カルデラ形成噴火推移の解明にとって重要である。次年度以降、さらに調査を進めてゆく。また、再検討した噴火履歴にもとづき、マグマ系の時間変遷の検討も並行して進める必要がある。



図 3 1 地点 A (図 3 0) での露頭写真と柱状図。ここでは上位から小岳溶岩流、2 枚の降下火山灰層そして約 1 万 2 千年前の火砕流 (Ak-12 火砕流) が認められ、それぞれの間には土壌層が認められる。そして溶岩直下の土壌には十和田 a テフラが混じっている。

引用文献

- 土井宜夫・菅野康隆・東野桂一・越谷信・矢内桂三 (1997) 秋田駒ヶ岳起源の先達川岩屑なだれ堆積物について. 地球惑星科学関連学会合同大会予稿集, 807.
- 藤縄明彦・巖寄正幸・本田恭子・長尾明美・和知剛・林信太郎 (2004) 秋田駒ヶ岳火山, 後カルデラ活動期における噴火史: 火山体構成物と降下テフラ層の対比. 火山, 49, 333-354.
- 須藤茂・石井武政 (1987) 雫石地域の地質. 地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅), 地質調査所, 142p.
- 和知剛・土井宜夫・越谷信 (1997) 秋田駒ヶ岳のテフラ層序と噴火活動. 火山, 42, 17-34.

○鳥海山: トレンチ掘削調査および野外調査による完新世噴火活動史の解明 (秋田大学・山形大学・産業技術総合研究所)

(1) トレンチ掘削による東鳥海山最近約 5,000 年間の活動史の解明

1. はじめに

鳥海山の最近の火山活動史を解明するために、鳥海山の山体上の 4 地点において手掘り掘削を行った。既往研究 (林ほか, 2001; 大場ほか, 2012) および 2018 年度までの調査から、鳥海山の爆発的噴火による火山灰は遠方に到達せず、火山体の上部にのみテフラ薄層が堆積していることが分かっていることから、2019 年度は比較的標高の高い地点 4 カ所を、

山頂をとりまくように選択した。これらの地点は、山頂から西方の鳥海湖の湖畔（2019072501）、北東方向の猿倉登山道七ツ釜滝付近の湿原（2019081901）、東方の百宅口登山道大倉滝付近（2019082101）、南方の滝ノ小屋付近（2019082201）である。これら4地点を図32に示す。本調査では、最小で1m×1m、深度0.7m、最大2m×2m、深度1m10cmの手掘りトレンチ掘削を行った。各地点では、検土杖により、掘削可能で火山灰層の存在が確認できた地点を掘削した。年代決定のため、テフラ層に狭在する土壌及び木片試料を採取し、加速器質量分析法（AMS法）による放射性炭素年代測定を行った。年代測定は山形大学高感度加速器質量分析センターでおこなった。



図32 2019年度鳥海山掘削地点。2017年度調査地点も示す。

2. トレンチ調査結果

調査結果を図33に示す。北斜面の2019081901ではテフラ層の保存が良く、合計32層のテフラが確認された。この地点より有機土壌試料5試料と木片1試料を採取し年代測定を行った。歴史記録と比較すると、最上位または第2層のテフラは1801年噴火の可能性が高い。第2層の直下の土壌からは 44 ± 20 yBPの年代が得られた。第8層がTo-aであり、その下位の年代値とは整合的である。土壌の発達速度も過去4,600年間は大きな変化がなかったようである。また、粗粒な火山礫層が60cm深と100cm深に認められる。それぞれ直下の土壌から約2,400年、4,600年の年代が得られている。60cm深の火山礫層は木片を多く含む。一方、東斜面の掘削地点2019082101では、比較的古い堆積物が認められた。風化火山灰層中に含まれる炭質物は約5,000年を示し、その下位には厚いスコリア層が2層認められる。南斜面の2019082201では、生木の濃集層が産し、その年代は約830年である。その上下に火山灰薄層が複数認められる。鳥海湖湖畔での掘削では、最上部の土壌中に2層の火山灰層が認められ、その下位は火山岩塊相であった。

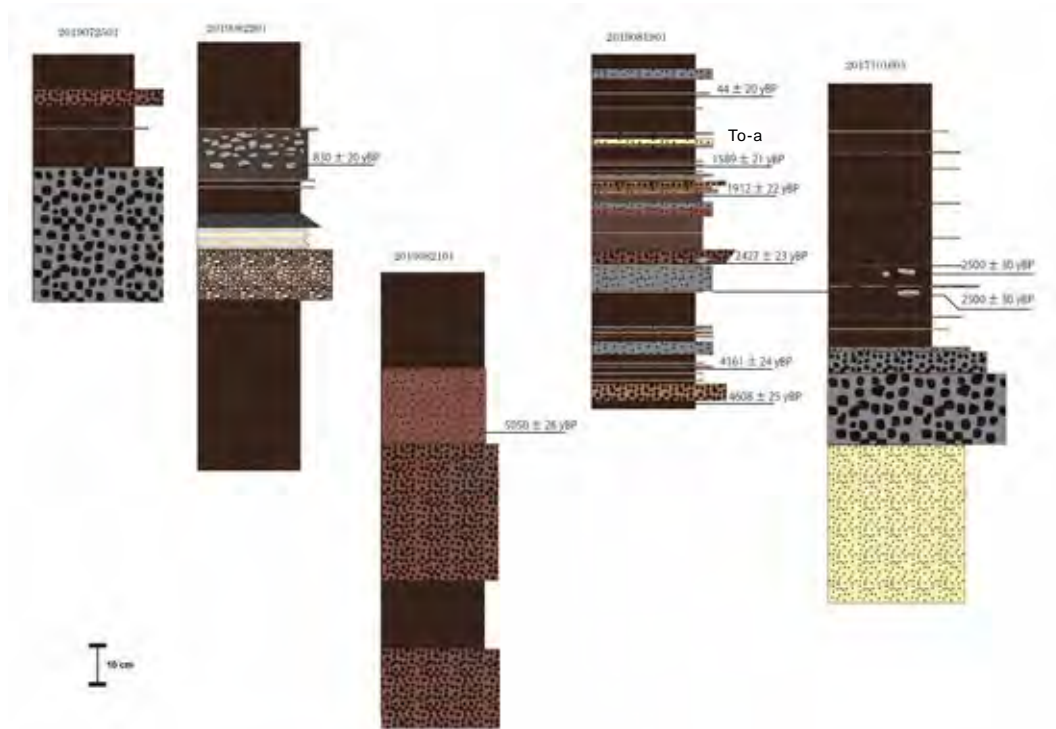


図 3 3 2019 年度掘削調査結果。右端の柱状図は 2017 年度掘削結果。

北斜面の 2019081901 では多数の火山灰が産し、良好な調査結果が得られた。この結果を模式層序とすることで、今後火山活動史を詳細に解析できると考えられる。年代値と To-a の層準は矛盾無く、噴火年代も精度良く決定できる。とりわけ約 2,500 年前の粗粒な火山礫層は、2017 年度に山体南西部での調査結果で産した火山砂層と対比でき、木片を多く含む特徴も類似する。これは象潟岩屑なだれを生じた山体北部の山体崩壊に伴う堆積物と考えられる。この火山礫の直下には細粒粘土質火山灰薄層と砂質火山灰層が認められることから、山体崩壊をもたらした噴火の推移も解明できる。小規模噴火から砂質火山灰を生じるマグマ噴火に推移の後、火山礫層を生じる噴火が起きている。2018 年度の踏査では、この層に対比できる地層が複数地点で観察されており、これらの精査により 2,500 年前の噴火について詳細が解明される。その他の火山灰層は大部分が薄層である上に、層相や構成物が互いに類似している。そのため同定と対比が容易ではないが、火山灰成分分析の効率化や色分析と行った火山灰同定方法の開発を進めながら火山灰同定の精度を上げ、かつ To-a や 2,500 年前の火山礫層を鍵層とすることで東鳥海山の過去 5,000 年以降の噴火活動史を構築できるものと考えられる。

(2) 西鳥海山カルデラ形成以後の活動史の解明

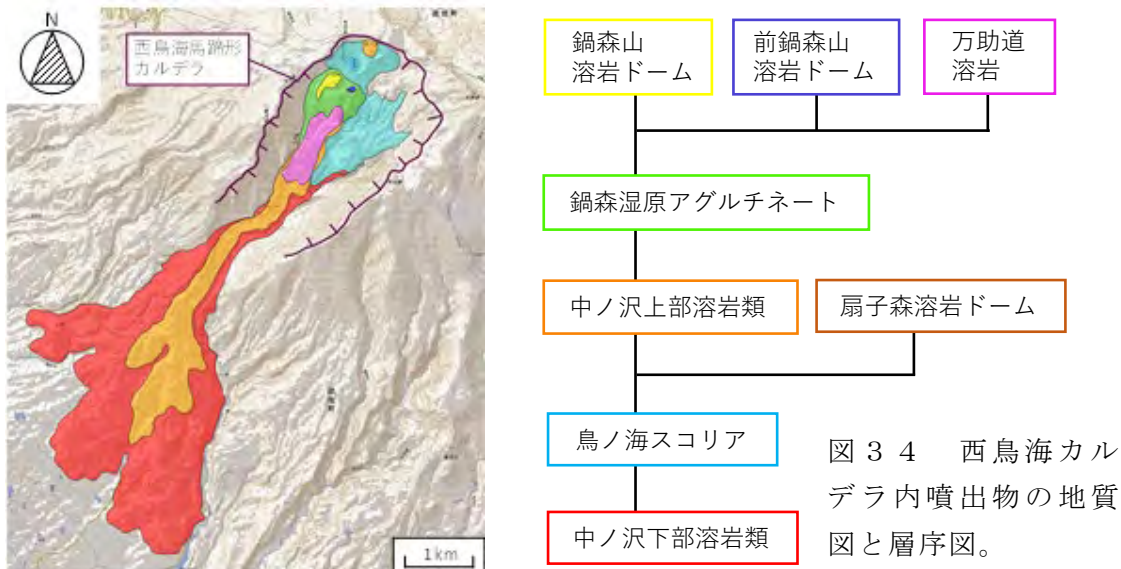
1. はじめに

鳥海山の西鳥海カルデラ内噴出物は約 2 万年前より前に形成されたと考えられてきた(伴ほか, 2001) が、最近になって少なくともその一部は完新世のものである可能性が考えられるようになり再検討を進めている。2017 年度に調査に着手し、2018 年度は噴出物の層序の概要を明らかにした。2019 年度はこれまでの結果を踏まえ、層序を確定させた。以

下に層序の概要と最新の噴出物について述べる。

2. 西鳥海カルデラ内の噴出物の層序の見直し

西鳥海カルデラ内の噴出物は下位から、中ノ沢下部溶岩類（溶岩流主体でブロックアンドアッシュフロー堆積物も含む）、扇子森溶岩ドーム、鳥ノ海スコリア（降下スコリア）、中ノ沢上部溶岩類、鍋森湿原アグルチネート、その上位の万助道溶岩、鍋森山溶岩ドーム、前鍋森山溶岩ドームに分類できる。万助道溶岩、鍋森山溶岩ドーム、前鍋森山溶岩ドームの新旧関係は不明である。噴出物の総体積は約 8 km³ である。



まず、カルデラ底の北縁部から溶岩流出を主体とする活動が始まった（中ノ沢下部溶岩類）。活動中に溶岩ドームの形成と崩壊も発生した。噴出物の体積は全体の 9 割ほどを占める。その後、流出口付近に扇子森溶岩ドームが形成された。次に、鳥海湖を火口とする爆発的な活動が起こり、鳥ノ海スコリアが作る火砕丘が形成された。その後、鳥ノ海スコリアの火砕丘南西部の部分崩壊で形成された凹地の中からの活動が開始した。溶岩（中ノ沢上部溶岩類）が流出し、その後、ストロンボリ式の噴火により鍋森湿原アグルチネートからなる小山体が形成された。小山体形成末期に山体北部を破壊して溶岩が流出し、山体の外周を反時計方向に回り最終的に南方へ流下した。鳥ノ海スコリア～鍋森湿原アグルチネートの体積は総体積の約 1 割である。小山体を貫いて、鍋森山、前鍋森山両溶岩ドームと万助道溶岩が形成された。これらの体積は総体積の約 1 % である。

上記火砕丘と小山体の境界部に認められる湿地帯に厚さ約 80 cm の泥炭層が認められ、その下部の試料について約 1 万年前の ¹⁴C 年代値が得られた。なお、泥炭層中に多数のテフラ層が認められるがその起源については検討を要する。

岩石は暗灰色～灰色の溶岩または黒色のスコリアからなる。斜長石・単斜輝石・直方輝石・かんらん石・普通角閃石斑晶は全ての噴出物に含まれる。鳥ノ海スコリア・中ノ沢上部溶岩類・扇子森溶岩ドームはかんらん石斑晶に、鍋森山溶岩ドーム・前鍋森山溶岩ドーム・万助道溶岩は普通角閃石斑晶に富む（図 3 5）。ほとんどの溶岩に、ディクチタキシチック組織を示す苦鉄質包有物が認められ、またスコリアの一部のものは縞状組織を示す。

苦鉄質包有物は、かんらん石と普通角閃石斑晶を含むもの（タイプ A）と含まないもの（タイプ B）がある（図 3 6）。

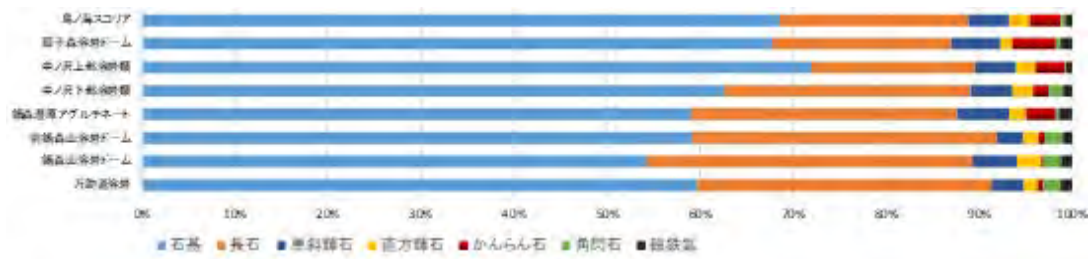


図 3 5 西鳥海カルデラ内噴出物のモード組成図。

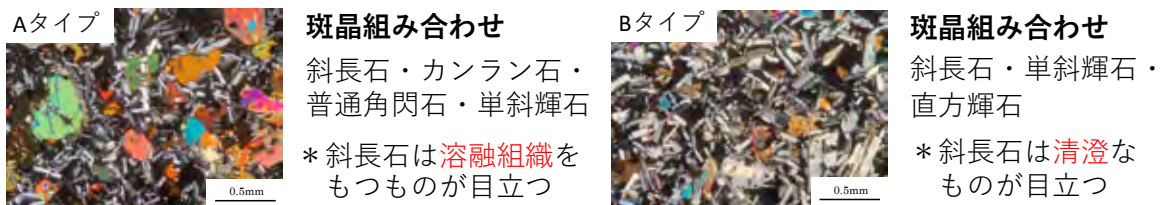


図 3 6 西鳥海カルデラ内噴出物に含まれる 2 種の苦鉄質包有物。

3. 最新の活動

a) 鳥海湖南方に分布する鳥海湖火砕サージ堆積物及び鳥海湖降下火砕堆積物

鳥ノ海スコリアによって構成される火砕丘の南部のリム及び斜面に火砕サージ堆積物が分布する。またその上位には降下堆積物が分布している。各々、鳥海湖火砕サージ堆積物、鳥海湖降下堆積物と呼称する。代表的な露頭写真と柱状図を図 3 7 に示す。ここでは下位の鳥ノ海スコリアを覆って鳥海湖火砕サージ堆積物が堆積しており、それを鳥海湖降下堆積物の 2 次移動堆積物が不整合に覆っている。その上位には土壌が不整合に堆積している。土壌の最下位からの試料について、BC543~BC407 年の ¹⁴C 年代値が得られた。

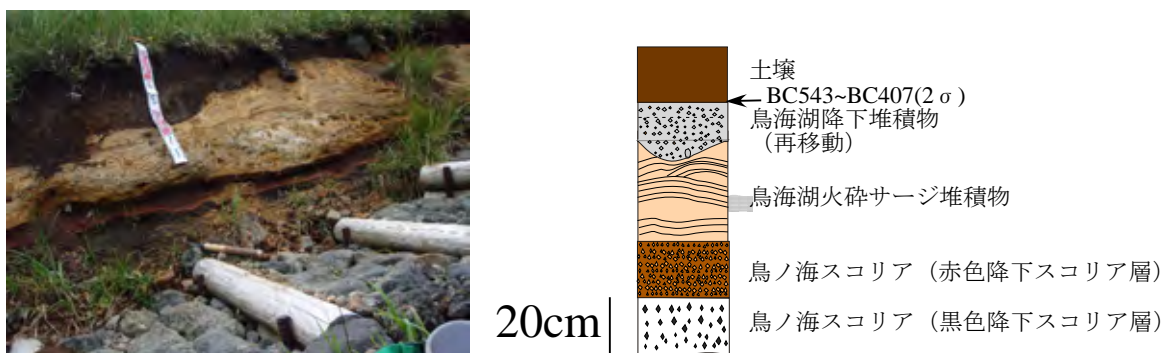


図 3 7 鳥海湖火砕サージ堆積物と鳥海湖降下堆積物の代表的露頭及び柱状図。

b) 鍋森山東方の湿地帯に産するテフラ層

鍋森山の東方に湿地帯があり、そこに泥炭層が堆積している（図 3 8 左）。2018 年度の調査によって泥炭層の中に多数のテフラ層が挟まれているのが発見された（図 3 8 右）。これらのテフラを上位から MNB-a~p とした。MNB-a~e は淡褐色火山灰、MNB-f はスコリアからなり、MNB-g は褐色火山灰、MNB-h・i は上部がスコリア、下部が淡褐色粘土質火山灰、

MNB-j~l は淡褐色火山灰、MNB-m は特徴的な黄褐色を示す火山灰、MNB-n は淡褐色火山灰、MNB-o・p は粘土質火山灰からなる。なお、泥炭層の下位にも数枚の火砕岩層が認められる。本年度はこれらの層を系統的に採取し、鏡下での観察を進めた。

MNB-a・d・f・p 直下から採取した泥炭層試料について、各々約4千年前、約6千5百年前、約6千8百年前、約1万年前の ^{14}C 年代が得られた。泥炭層の下位に赤色火砕岩が認められる。この火砕岩と鳥ノ海スコリア最上部の赤色部との対比は今後の課題である。



図 3 8 前鍋森山北部の湿地帯（左）とそこで観察されるテフラ群（右）。

c) 鳥海湖北東部火口群

鳥海火山西部山腹にある鳥海湖の湖岸からこれまで記載されていなかった新たな火口群を発見した。これを鳥海湖北東火口群と命名した。この火口群は鳥海山7合目の鳥海湖の北東岸に分布する。火口群は10個以上の小火口からなり、火口の直径は6mから16mで、北西—南東方向に配列する傾向がある。鳥海湖北東火口群は、小火口が列をなして分布する他の火山の水蒸気噴火による火口列と類似する。また、小規模な地形の割には、地形は新鮮であり、完新世のものであることは確実である。したがって、非常に若い水蒸気噴火火口の可能性があり、防災上重要である。

引用文献

- 伴雅雄・林信太郎・高岡宣雄（2002）東北日本弧，鳥海火山の K-Ar 年代一連続的に活動した3個の成層火山，火山 46，317-333.
- 林信太郎・毛利春治・伴雅雄（2001）鳥海火山東部に分布する十和田 a 直下の灰色粘土質火山灰—貞観十三年（871年）の火山灰．歴史地震，16.
- 大場司・林信太郎・伴雅雄・近藤梓・葛巻貴大・鈴木真悟・古木久美子（2012）最近4500年間の鳥海火山の噴火活動—湿原堆積物に保存された火山灰層の解析—．火山 57，p. 65-76.

○蔵王山：トレンチ掘削および野外調査による五色岳の噴火履歴の解明（山形大学）

本年度はトレンチ掘削調査および野外調査を実施し、蔵王山の最新の活動期について噴火履歴を再検討した。蔵王山の最新の活動期は、約 3.5～1.3 万年前、約 9～3 千年前、約 2 千年前以降に分けられる。これら 3 つの活動期について活動フェーズ毎に以下に記す。

a) 蔵王山約 3.5～1.3 万年前の活動フェーズ

前年度に各テフラ層の対比に困難が発生したため、2019 年度は模式地を設定し、各テフラ層の特性を明らかにした（図 3 9）。なるべく多くのテフラが同時に観察でき、またテフラの風化の程度が少ない場所として、青根温泉から東南東約 5 km 地点の私有地内を模式地として選定した。約 3.5～1.3 万年前の活動によるテフラ層は、これまでの研究では Za-To1～4 の 4 枚が認められていた（Miura et al., 2007 など）。それらに対比される 4 枚に加え、従来の Za-To3 に対比されるテフラの下方に新たに 2 枚のテフラ層が認識された。上位より Za-To3b・3c とし、従来の Za-To3 を Za-To3a とする。Za-To2 の中下部と Za-To3b を除き、黒色スコリア質火山砂層からなる。Za-To2 の中下部と Za-To3b は褐色スコリア層からなる。黒色スコリア質火山砂層については各層間の粒度組成、及び構成物組成に明瞭な差は認められない。構成物は、斜長石・単斜輝石・直方輝石、及びスコリアからなる。ただし、Za-To2 の上部についてかんらん石結晶も僅かに認められる。得られた特徴やテフラ層直下の古土壌の ¹⁴C 年代値を基に、地表に現れている地点での対比を実施した。その際には、先行研究で認定されていた露頭を可能な限り調査した。また、東麓のやや山体に近い付近では露出が認められないことから、1 地点においてトレンチ調査を実施した（図 4 0）。調査の結果、従来の対比を全面的に見直さなければならないことが判明した。

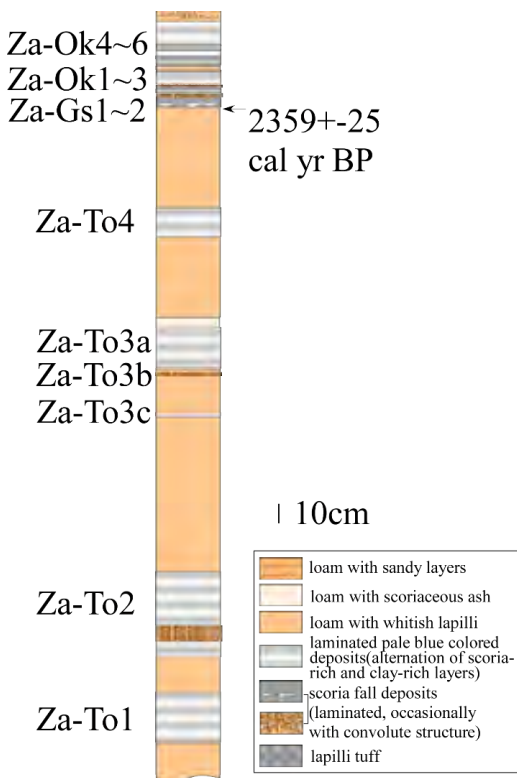


図 3 9 東麓の模式地における柱状図。



図40 東麓でのトレンチ写真。

b) 蔵王山約9～3千年前の活動フェーズ

約9～3千年前の噴出物について、地表での調査を進めると共に1か所においてトレンチ調査を実施した。その結果、従来認められていない水蒸気噴火テフラ層を少なくとも3枚認定した。図41にトレンチの写真を、図42にトレンチによって現れたテフラ層の柱状図を示す。



図41 御田の神付近のトレンチ写真。

スコリア質火山灰層は上位の2枚については層準と岩相から、各々伴ほか(2015)のZa-To7とZa-To6に対比される。その下位の2層は、各々Za-To5cあるいはZa-To5dとZa-To5aに対比される可能性が高い。その下方に厚く堆積しているスコリア質火山灰層はクロスラミナが発達しており再堆積によるものと考えられる。その直上の土壌について約1万年前の¹⁴C年代測定結果が得られた。よって、これより下位は、この活動フェーズより古い時代のものと考えられる。

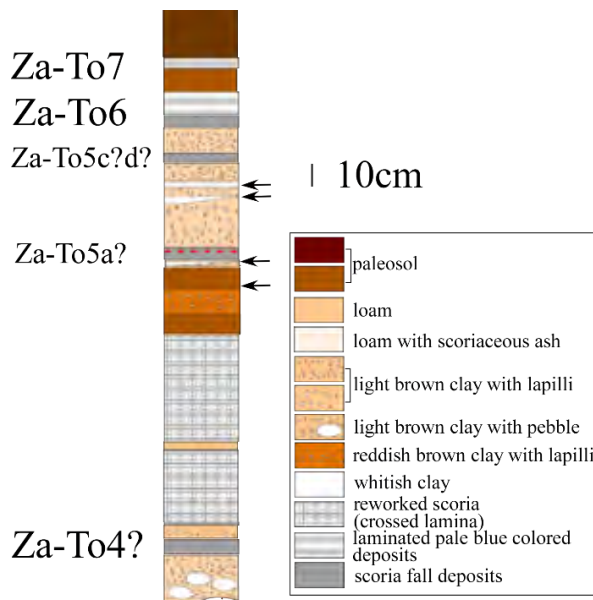


図4-2 御田の神のトレンチ調査によって得られたテフラ層の柱状図。

c) 蔵王山約2千年間の活動フェーズ

約2千年前以降、特に火口が御釜に移動して以降のテフラ層 Za-0k1~7 について層序時間変化を詳しく検討した。その結果噴火推移を、A-1・A-2・B-1・B-2 の4つに類型化できた。

A-1 には Za-0k1・3 が相当する。水蒸気噴火からマグマ噴火に至った。噴火の中盤に準プリニー式噴火も発生した。

A-2 には Za-0k2・5・6 が相当する。水蒸気噴火からマグマ噴火に至った。マグマ噴火の規模は Za-0k2 と 5 では中期が大きかった。Za-0k6 は小規模噴火が繰り返されたものと思われる。

B-1 には Za-0k4 が相当する。水蒸気噴火を経ずにマグマ噴火が繰り返し発生した。なお、御釜南方の露頭においてのみ、最下位に水蒸気噴火によるテフラの可能性のある層が見出された。これについては、再度調査を行う必要がある。

B-2 には Za-0k7 が相当する。水蒸気噴火のみ発生した。マグマ性の物質も噴出したと考えられる。

この間の噴出物については、マグマ供給系の構成と噴火に至るプロセスについて解明を進めた。地下約6km付近に位置する安山岩質マグマ溜りに深部由来の玄武岩質マグマが注入を続け、噴火に至ったと考えられる。玄武岩質マグマは分化程度が多様なものが注入した。噴火に直結する注入は数か月前以内から程度が増したらしい。それ以前の~30年前頃にも注入は継続していたと考えられる。

○日光白根山：野外調査およびトレンチ掘削調査による噴火履歴解明（産業技術総合研究所）

a) 目的と調査位置

日光白根火山は、群馬・栃木県境に位置する標高2,578mの活火山である。2017年度に

は、地表露頭がほとんど存在しない山頂部の6地点において人力トレンチ調査を行い、火砕堆積物層序を記載した。その結果、6世紀以降の降下火砕堆積物とその噴出年代を明らかにした(草野・石塚, 2020)。今年度は、6世紀以前の火砕堆積物の記載と、それらの山頂部との対比を目的として、日光白根山山麓の人力トレンチ調査4地点及び地表踏査3地点を実施した。調査地点を図4-3に示す。

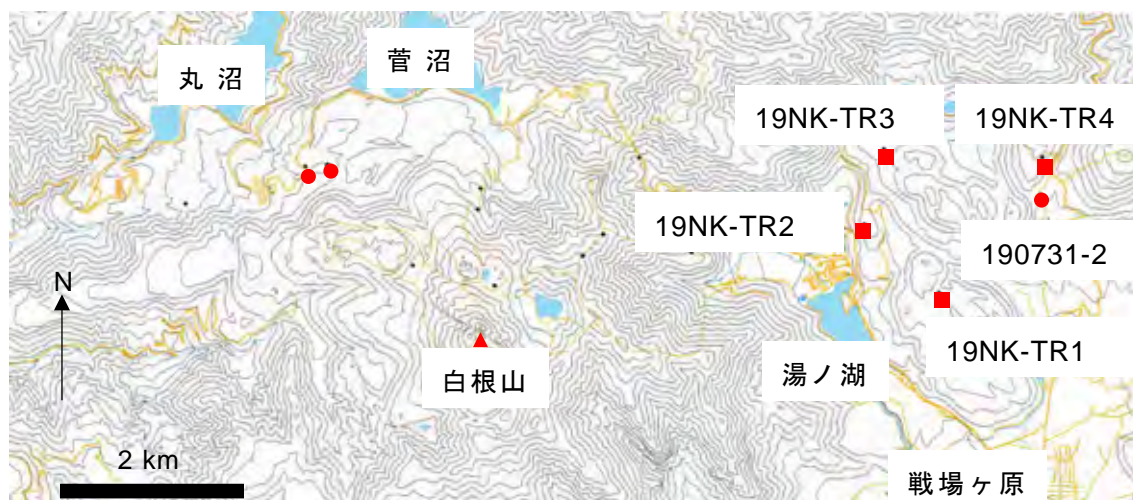


図4-3 日光白根火山周辺におけるR01年度調査地点。
赤丸は地表踏査、四角は人力ピット調査地点。

b) 地質調査及びトレンチ掘削地点における層序、対比及び放射性炭素年代測定結果

人力トレンチ調査及び¹⁴C年代測定試料を得た地点の堆積物柱状図を、図4-4に示す。本調査では、日光白根火山由来の6枚の降下火砕堆積物、2枚の外来火山灰及び1枚の給源不明の降下火砕堆積物を確認した。上位から、日光白根火山由来のNks-A降下火砕堆積物、Nks-B降下火砕堆積物、浅間B(As-B)テフラ、Nks-C降下火砕堆積物、榛名二ツ岳伊香保(Hr-Fp)テフラ、Nks-2、Nks-3、Nks-4(奥野, 1993)及びこれまで記載されていない給源不明の降下火砕堆積物である。これらの日光白根山の東山麓で確認した降下火砕堆積物は、層序と層相および下位の土壌の¹⁴C年代測定に基づいて対比を行った(図4-4)。

Nks-2は3地点で確認した。これらは、層厚3cmの明灰色-赤灰色火山灰層として、Hr-Fpの下位に2-3cmの土壌を挟んで堆積する。Nks-3は、層厚2-8cmの明灰色-黄灰色火山灰層として、4地点で確認した。Nks-4は層厚15cm及び9cmの黄褐色火山灰層として、2地点で確認した。

なお、19NK-TR4と190731-2地点で確認した給源不明の降下火砕堆積物と、Nks-4との層序関係は明らかではない。また、この堆積物は日光白根火山から7km東方の地点で層厚約35cmと厚く、これまでの白根山周辺の調査から、日光白根火山由来とは考えにくい。この給源不明の降下火砕堆積物の下位の土壌の¹⁴C年代は、 $4,480 \pm 30$ yrBPであった(表4; 試料番号19073102-C01)。

19NK-TR1 19NK-TR2 19NK-TR3 19NK-TR4 190731-2

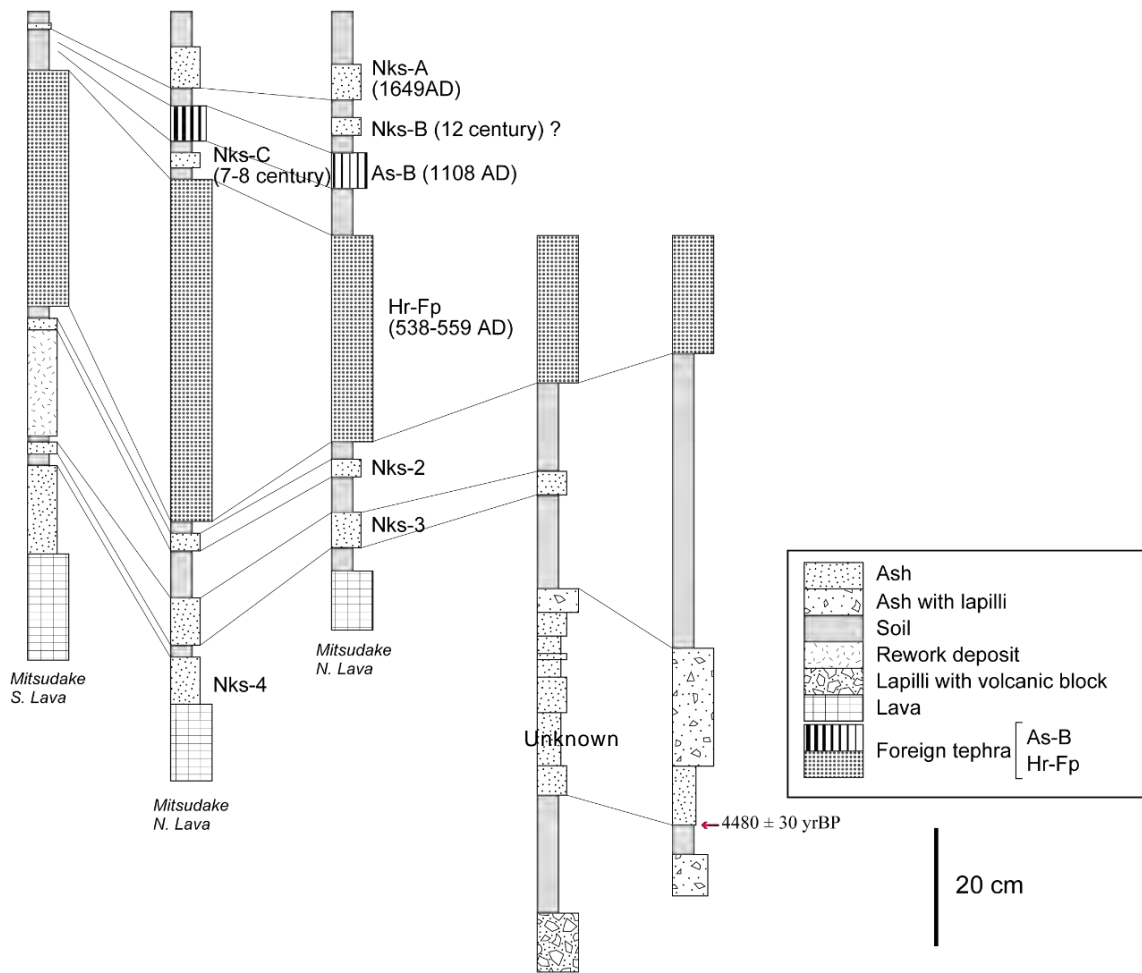


図 4 4 日光白根火山東山麓のトレンチ調査及び露頭調査地点の柱状対比図。
赤矢印は土壌の ^{14}C 年代値（表 4 参照）を示す。

c) 山体近傍構成物との対比結果

本調査で得られた白根山山麓の火砕堆積物について、山体近傍で確認された堆積物（草野・石塚、2020）との比較分析を実施した。比較には露頭記載のほか、火砕堆積物の実体鏡下観察結果も使用した。その結果、日光白根火山由来の Nks-2 及び Nks-3 について等層厚線を推定した（図 4 5・4 6）。

Nks-2 は、Hr-Fp との層序関係と、Nks-2 の下位の土壌と山体近傍で確認された火砕流堆積物中の木炭の ^{14}C 年代値（表 4；試料番号 170608-2-2）がほぼ同じであることから、山頂溶岩に対比される。この木炭の年代値に基づけば、噴出年代は $3,040 \pm 20 \text{ yrBP}$ となる。Nks-2 の分布の主軸は北西方向に延びる。

Nks-3 は、白根山頂から東方にかけて狭い範囲で分布するように見えるが、山頂部から山麓にかけての層厚変化に乏しいため、推定された等層厚線は確認地点の分布に規制されている可能性がある。噴出源は白根山山頂部と考えられるが、山体構成物との対比は今後の課題である。

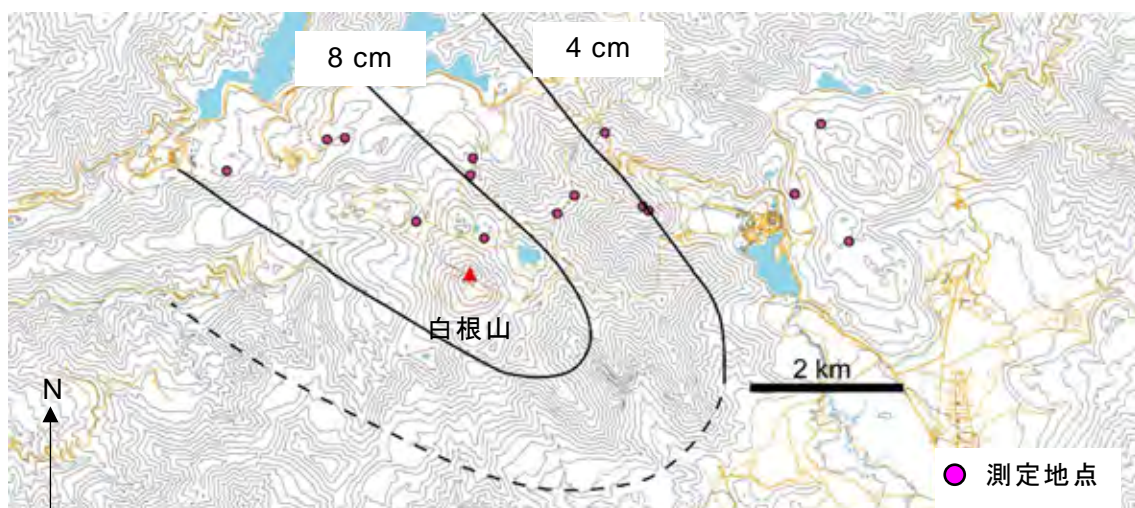


図 4 5 Nks-2 の等層厚線（暫定）。

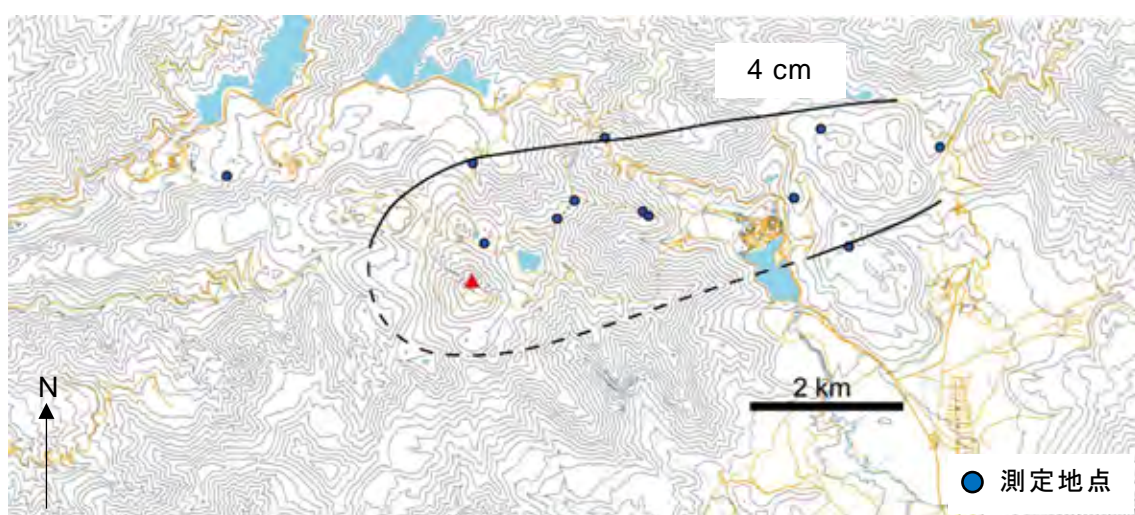


図 4 6 Nks-3 の等層厚線（暫定）。

表 4 日光白根火山東山麓及び山頂部における放射性炭素年代測定結果。

試料番号 (測定番号)	試料形態	^{14}C 年代 (yrBP)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰) (AMC)	暦年較正值 (2σ)
19073102-C01 (IAAA-190472)	Soil	$4,480 \pm 30$	-22.79 ± 0.20	5289–5037 cal BP(92.0%) 5005–4981 cal BP(3.4%)
170608-2-2 (IAAA-170428)	Charcoal	$3,040 \pm 20$	-23.17 ± 0.20	3340–3286 cal BP(30.3%) 3270–3168 cal BP(65.1%)

(株) 加速器分析研究所測定

d) まとめ

日光白根火山山麓で、人力トレンチ調査 4 地点及び地表踏査 3 地点を実施し、6 枚の日光白根火山由来の降下火砕堆積物、2 枚の外来火山灰及び 1 枚の給源不明の降下火砕堆積物を確認した。給源不明の降下火砕堆積物の下位の土壌から $4,480 \pm 30$ yrBP の ^{14}C 年代を得た。また 6 世紀以前の日光白根火山由来の降下火砕堆積物について、山体近傍で確認された堆積物と対比し、等層厚線を推定した。

引用文献

草野有紀、石塚吉浩（2020）トレンチ調査に基づく日光白根火山 1400 年間の噴火履歴。
地質調査研究報告，71，1-18.

奥野 充（1993）日光白根山の噴火史．日本地理学会予稿集，44，66-67.

○浅間山：トレンチ掘削調査および野外調査による浅間火山の高精度噴火履歴復元（日本大学）

1. はじめに

浅間火山では、約1万年前より現在まで活発な活動を続ける浅間前掛火山の高分解能での噴火履歴の復元を主目的とし、多数地点でトレンチ掘削調査による地質記載を実施し、降下火砕堆積物直下の土壌の放射性炭素年代測定を組み合わせた手法を試みている。2018年度までのトレンチ掘削に関するデータは高橋ほか（2020）を参照されたい。また、これまでに実施した重機トレンチ18ヶ所およびボーリング掘削の結果に基づいた浅間前掛火山の大規模噴火の噴火履歴の復元について論文を投稿中である。令和元年度は、特に南麓の層序を検討するため、重機トレンチ2か所、人力トレンチ2か所の掘削調査を行った。ここでは図47のトレンチ17、18およびM1地点での掘削調査について報告する。

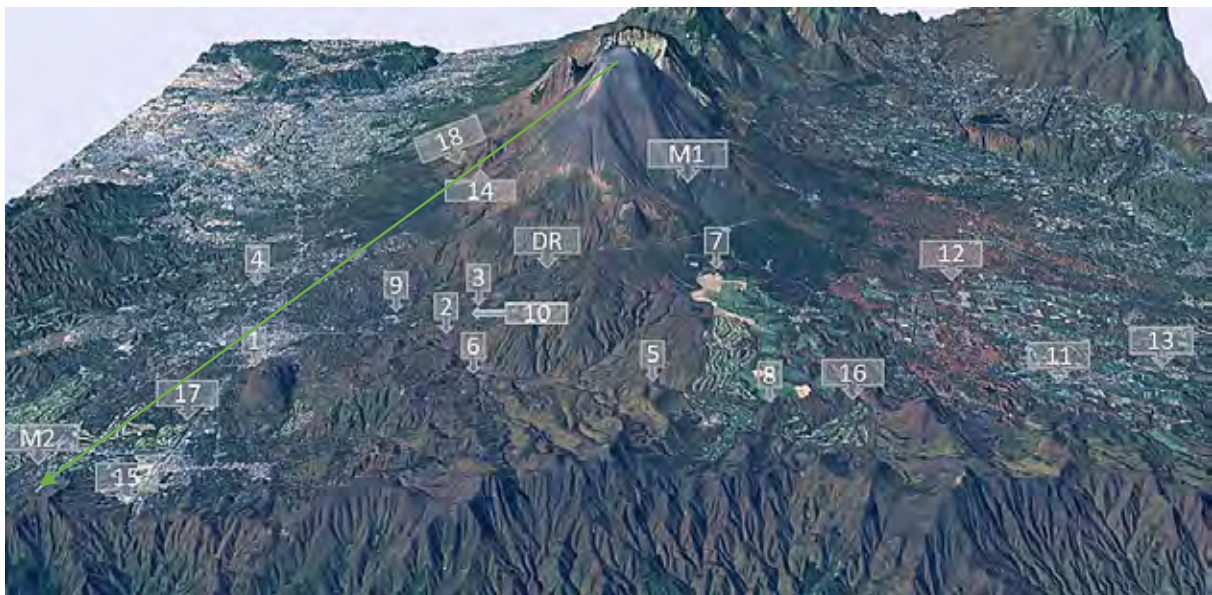


図47 東方からの浅間火山鳥瞰図と掘削調査地点（地理院地図3D使用、高さ方向の強調2.4倍）。1～18：重機トレンチ、M1およびM2：人力トレンチ、DR：ボーリング掘削。

2. 調査結果

- ・重機トレンチ17（日本大学軽井沢研修所）

山頂火口の南東約11.5km、標高944mの日本大学軽井沢研修所の別館わきで、5.3mの深度まで掘削した（図48a・b）。掘削面の上半分の厚い黒色土壌（泥炭質）には複数の降下火砕堆積物が認められた（図48b）。天明噴火のAs-Aの分布軸はより北方にあるため、ここではAs-Aの層厚は数センチ程度でレンズ状の産状であった。その下の厚さ24cmほどの

明瞭な軽石層は天仁噴火の As-B であり、既作の等層厚線図から推定される層厚と矛盾がない。以上が歴史時代の噴火の痕跡である。As-B より下位の黒色土壌には 2 枚の軽石層 (NU-1、NU-2) が見られた。NU-1 と NU-2 の間からはアカホヤ火山灰 (K-Ah) が検出され (図 4 8 c・d)、NU-1 と NU-2 直下の土壌の放射性炭素年代測定からは縄文時代早期～中期の間にもたらされたことがわかった。NU-3 の軽石層より下は、2～1 万年前に活動した仏岩火山の噴出物である。NU-4 は非常に細粒で、泥サイズ (1/16mm 未満) の粒子が 58% も含まれている。NU-5 は火山灰の互層であり、その下位にも軽石層が認められた。なお掘削地点の地下には、北方 1km ほどにある離山溶岩ドームの活動時の噴出物があると予想されるが、今回の掘削ではその深度まで到達しなかった。

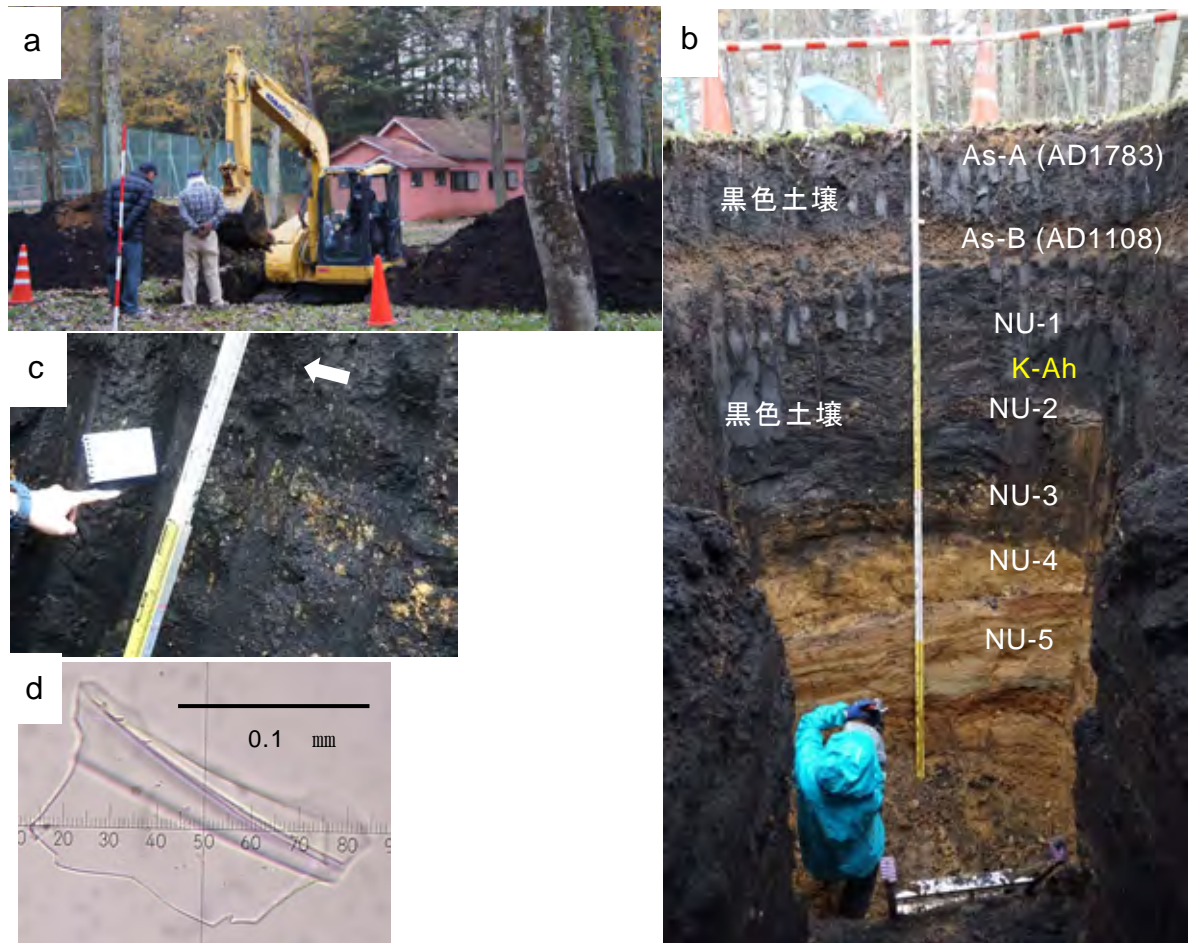


図 4 8 (a) トレンチ 17 の掘削風景、(b) 掘削面の全景 (スケール 5m)、(c) NU-2 の軽石層 (矢印はアカホヤ火山灰の検出レベル)、(d) アカホヤ火山灰の火山ガラスの顕微鏡写真。

・重機トレンチ 18 (石尊山南南西の国有林林道沿い)

掘削地点は火口の南 4.4km、標高 1,292m に位置し (図 4 7)、4.5m の深度まで掘削した (図 4 9)。表土の下に追分火砕流堆積物と As-B が認められ、その下位を SSW1～5 にわけた。SSW1 は黄褐色の粗粒軽石から成り、10 cm 大の粗大な軽石も含まれる。SSW2 は火山灰に富む暗灰色の土壌で、橙色の軽石を少量含む。SSW3 は上方より、褐色の粗粒軽石層、灰色の成層した火山灰層、淡黄色の中粒軽石層から成る。SSW3 は既作の等層厚線図の層厚と層位から御代田軽石 (My: 安井, 2017) に対比される。その下位の黒色土壌 (SSW4) には

橙色の軽石が少量散るが、下位の褐色火山灰（SSW5）との境界は漸移的である。SSW5は基質支持で、褐色火山灰と中粒の軽石から成る。SSW4からバブルウォール型火山ガラス（アカホヤ火山灰）を検出した。



図4-9 トレンチ18の全景（スケール5 m）。

・人力トレンチ M1（東北東山腹斜面）

掘削地点は火口の東北東2.7 km、標高1,571mに位置し（図4-7）、表層からAs-Aの上面までの約25 cmの土壌を観察した（図5-0a）。暗灰色の火山灰を主とし、角張った石質岩片の火山レキが散在する産状であるが、詳しく観察すると粒度の違いから6層ぐらいにわけられる。中央部やや下方が上下より粗く、～3 cm大のレキも見られた。その上位は対照的に非常に細粒である。天明噴火以降の中小規模噴火については記録も豊富である（例：宮崎、2003）。堆積物と記録の照合を試みるために試料を採取した（図5-0b）。またM1地点近くの深いガリー内壁においても崖錐を掘削して、歴史時代の大規模噴火の堆積物の火口近傍相の調査を行った（図5-1）。

3. 結果のまとめと今後の課題

図4-7に矢印で示した山頂火口の南東方向の山麓では、従来、降下火砕堆積物の層序の検討が十分ではなかった。トレンチ17と人力トレンチM2地点は類似の層序を示し、その延長方向に能登（1975）や新井（1979）がD軽石を記載した千駄木遺跡がある。これらの地点間の堆積物の対比については、安井ほか（投稿中）で議論した。またトレンチ18では火口の南方へ分布する御代田軽石の他、南西方向に分布する軽石層（SSW1）も新たに見出され、前掛火山の南麓での降下火砕堆積物の層序を検討する手がかりが得られた。

また、人力トレンチM1地点における天明噴火以降に形成された火山灰土壌の試料と、2018年度のボーリングコア試料のうちの前掛火山の時期の土壌部分について、深度毎に含まれる火山灰粒子から噴火の痕跡を読み解く作業を開始した。これにより明瞭な地層を残さない中小規模の噴火活動についても実態解明をすることが今後の課題の一つである。

引用文献

新井房夫（1979）関東地方北西部の縄文時代以降の指標テフラ層．考古学ジャーナル

ル, 157, 41-52.

宮崎務 (2003) 浅間火山活動記録の再調査 東京大学地震研究所彙報. 78, 283-463, 586.

能登健 (1975) 千駄木岩陰遺跡. 日本考古学年報, 26, 50.

高橋正樹・安井真也・金丸龍夫 (2020) 浅間前掛火山高分解能テフラ層序学のための降下テフラ・トレンチ掘削プロジェクト 2016~2018 年成果報告一 地質記載・ ^{14}C 年代・軽石全岩化学組成一. 日本大学文理学部自然科学研究所研究紀要, 55. 93-153.

安井真也 (2017) 浅間前掛火山 12 世紀以前の噴火履歴復元の手がかり一 御代田軽石を中心とした新知見一. 火山. 62, 117-134.

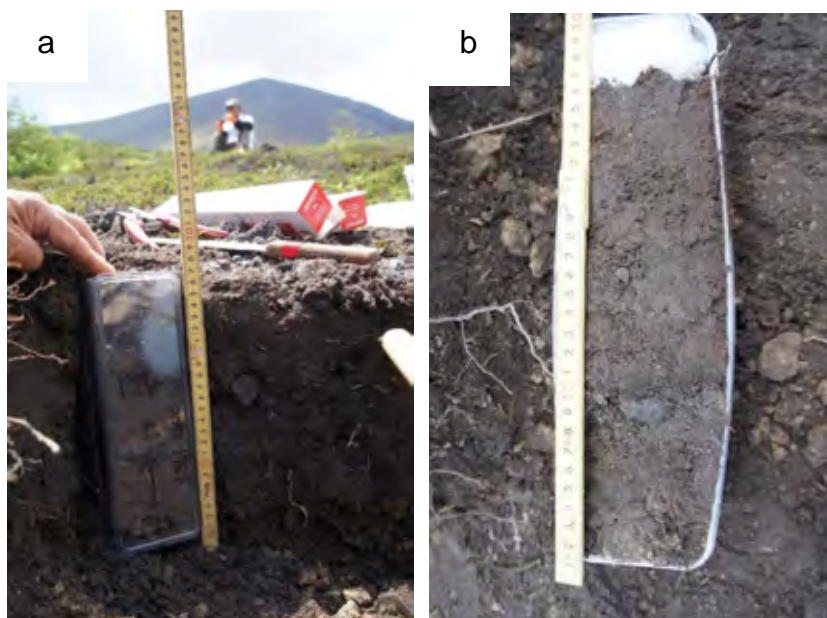


図 5 0 人力トレンチ M1 地点の天明噴火以降の火山灰土壌。
(a) 掘削面の様子、
(b) 採取試料。



図 5 1 M1 地点近くのガリー内壁の調査風景。

○草津白根山: トレンチ調査および野外調査による噴火履歴の解明 (富山大学)

草津白根火山は、群馬県北西部に位置する活火山である。本火山では有史以降降水蒸気噴火が繰り返し発生しており、2018 年にも水蒸気噴火が起きている (気象庁編, 2013)。同

火山における噴火事象系統樹の作成のためには、小規模噴火を含む詳細な噴火履歴を解明することが必要である。また、北側には志賀火山が隣接しており火山群（草津白根火山群）を構成していることから、これらの長期噴火履歴とマグマ変遷の関係を明らかにすることも重要である。そこで本研究では、（１）草津白根山の完新世の活動解明のためのテフラ調査、および（２）隣接する志賀火山の活動履歴解明のための野外調査および物質科学的検討を行った。以下にそれぞれの概要・成果を述べる。

（１）草津白根山の完新世のテフラ層序

草津白根山では、砂防工事に伴う大規模トレンチの観察、山頂域での手掘りトレンチ調査および東麓の表層露頭調査を行い、完新世テフラ層序の構築を目指した。

ロープウェイ山麓駅周辺の大規模トレンチでは、基底部に土石流堆積物、その上位に少なくとも10層のテフラ層（早川・由井（1989）の指標テフラ13Dと14Wを含む）が観察された（図5-2）。本トレンチで見られるテフラ層は、層厚が数cm～20cm程度である。他の地点に見られるテフラとの比較から、本トレンチで層厚が10cm以上のテフラ層は全て本白根火砕丘群起源であると推測される。

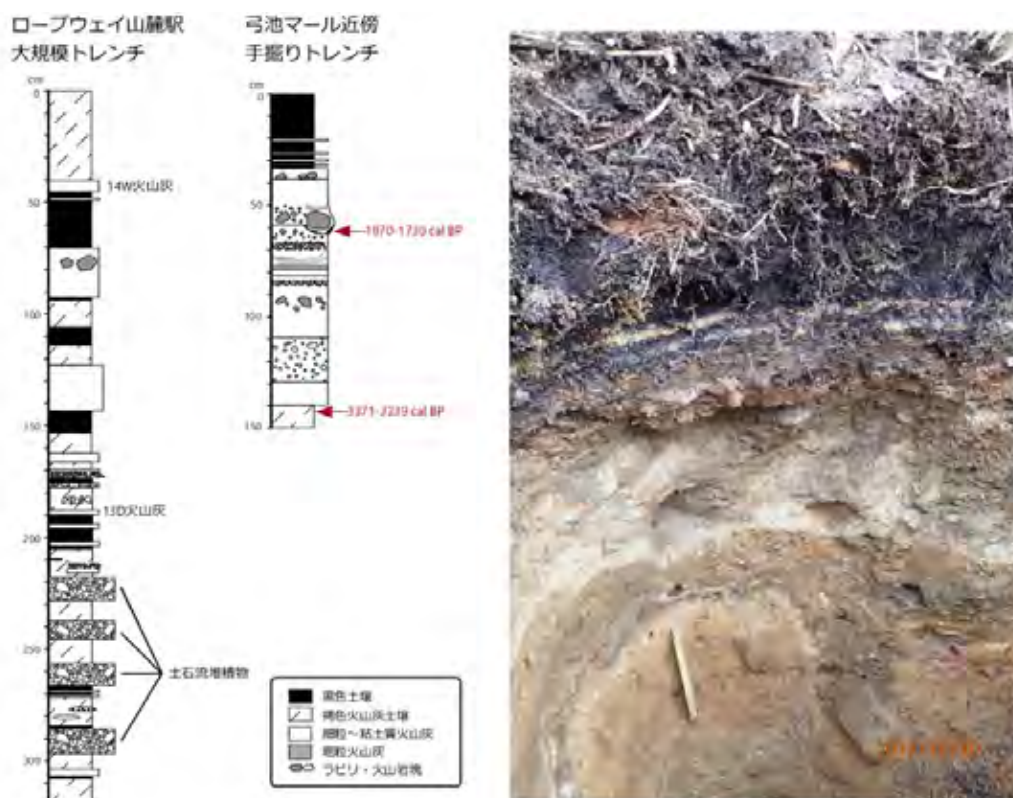


図5-2 ロープウェイ山麓駅周辺の大規模トレンチ及び弓池南方での手掘りトレンチで作成した柱状図（左）と手掘りトレンチの全景写真（右）。

弓池マールの近傍で実施した手掘りトレンチ調査では、火砕サージ堆積物と火山灰層の互層からなる層厚110cmのテフラ層と、その上位の4枚の水蒸気噴火テフラ薄層が確認された（図5-2）。トレンチ基底部の土壌から3,371～3,239 cal BP、火砕サージ堆積物の直下の土壌から1,870～1,730 cal BPという年代値が得られた。火砕サージ堆積物中の岩

塊は弓池火砕堆積物（亀谷ほか，2020）と一致することから、この堆積物は弓池マールで発生した噴火によるものと判断される。

本研究では、東麓の国道 292 号線の標高 1,890 m 地点で採取したテフラ層について岩石磁気分析を行った（図 5 3）。その結果、本質物を含むテフラ（12L 火山砂層）では帯磁率が 0.0005 より高く、本質物を伴わず、淡褐色～白色で変質岩片を含む粘土質火山灰（第 2 図の層準 1～7 及び 10・11 から採取したテフラ層）では帯磁率が 0.0005 より低いことが明らかになった。本火山には、噴火様式が特定できていないテフラ層が多く存在するが、テフラ層の帯磁率が噴火様式判断の基準として使える可能性があることを本研究では示すことができた。

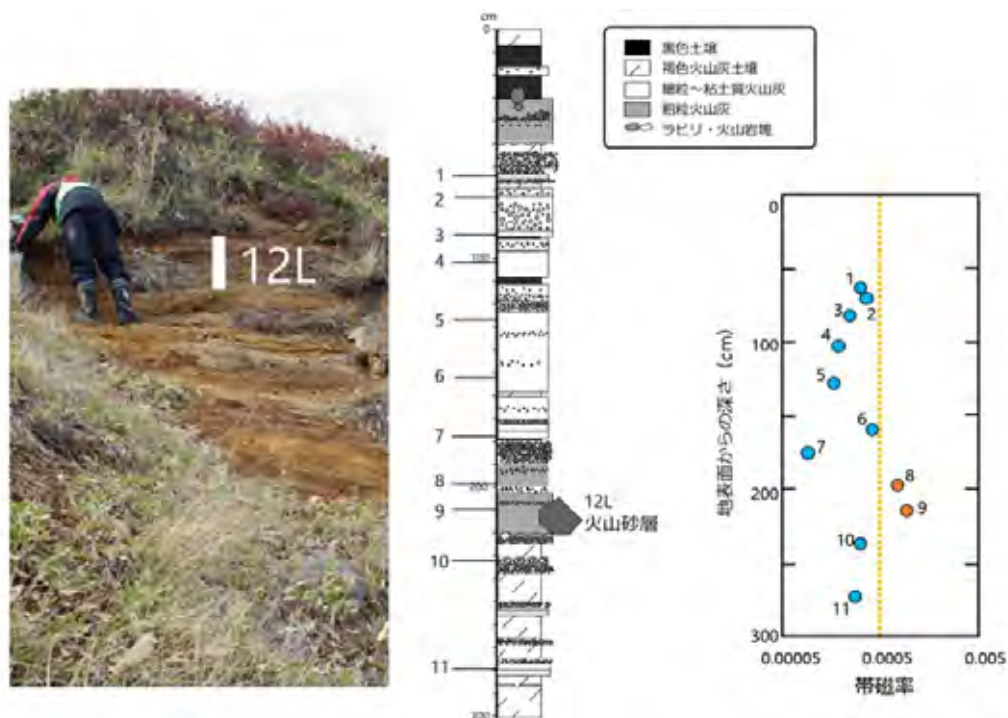


図 5 3 国道 292 号線の標高 1,890 m 地点の露頭写真（左）、柱状図（左）及びテフラ層の帯磁率（右）。

（2） 志賀火山の噴火層序と物質科学的特徴

志賀火山噴出物の層序と岩石学的特徴

志賀火山は 4 つの溶岩流から構成される。地形判読による被覆関係から、本火山の噴出物は、噴出順に旭山溶岩（AL）、鉢山溶岩（HL）、おたの申す平溶岩（OL）、志賀溶岩（SL）に区分される（鉢山は火砕丘の形態を有するため火砕物が主要構成物と考えられるが、現地調査では溶岩しか確認できなかったため鉢山溶岩と命名した）。噴出中心は、AL と HL が鉢山付近、OL と SL は志賀山付近である。

噴出物の岩質は、安山岩～デイサイトである。斑晶組合せは、斜長石（P1）＋直方輝石＋単斜輝石±カンラン石（O1）±石英（Qtz）＋不透明鉱物で、HL のみ Qtz を含まない。全噴出物でマグマ混合を示唆する組織（例えば、汚濁帯をもつ P1）や斑晶組合せ（Qtz と O1 の共存）が見られる。全岩 SiO₂量は、AL が 61.3～64.1%、HL が 58.0～60.0%、OL が 59.1～62.2%、

SL が 59.2~61.8 %である。組成変化図上では、噴出中心ごとに固有の直線的变化傾向をもち、AL と HL、OL と SL が同一組成変化直線上にのる。噴出物全体で見たときには、全岩組成がデイサイト側で収束し、安山岩側で発散するため、本火山の活動には単一のデイサイト質端成分マグマと 2つの苦鉄質端成分マグマが関与したとすると、噴出物の岩石学的特徴がうまく説明できる。

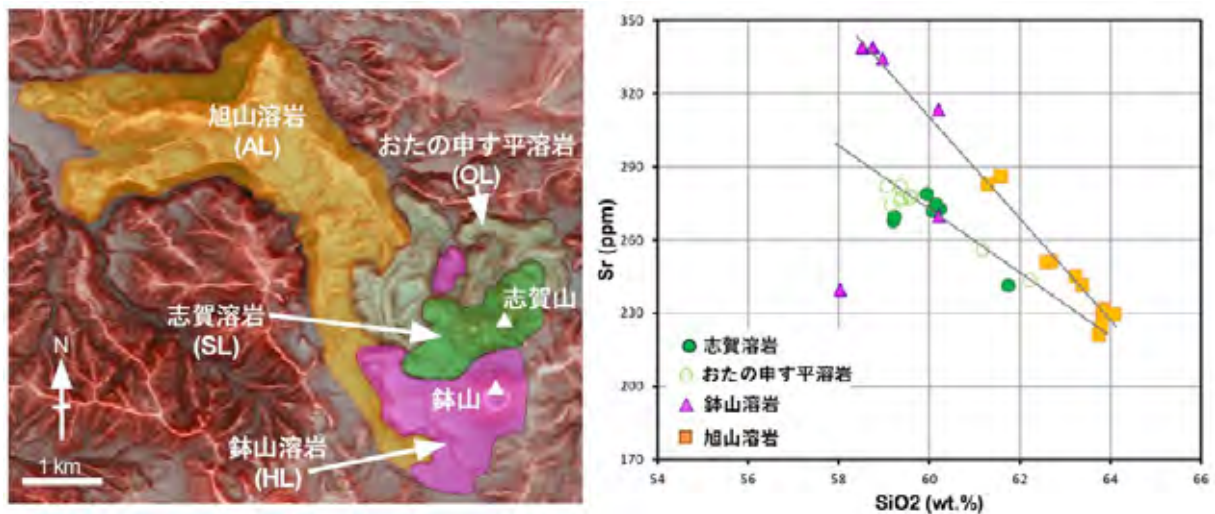


図 5 4 志賀火山の地質図 (左) と志賀火山噴出物の全岩化学組成 (右)。

最新の噴火年代

志賀山山頂部には複数の火口地形が見られ、火口壁沿いの登山道では、地表付近に白色のテフラ層が少なくとも 2層確認できる (図 5 5 の ST1 と ST2)。これらのテフラには安山岩片やスコリアが類質岩片とともに、カオリン鉱物、石英、クリストバライト、ミョウバン石、雲母粘土鉱物が産することから、水蒸気噴火によるテフラ層と考えられる。本研究により、下位のテフラ層の直下の土壌から約 460~300 年前という ¹⁴C 年代 (暦年代) が得られた。この年代値から、これまで活火山とはされていなかった志賀火山が活火山であり、最近 500 年間に 2 回噴火を起こした可能性が極めて高いことが明らかになった。

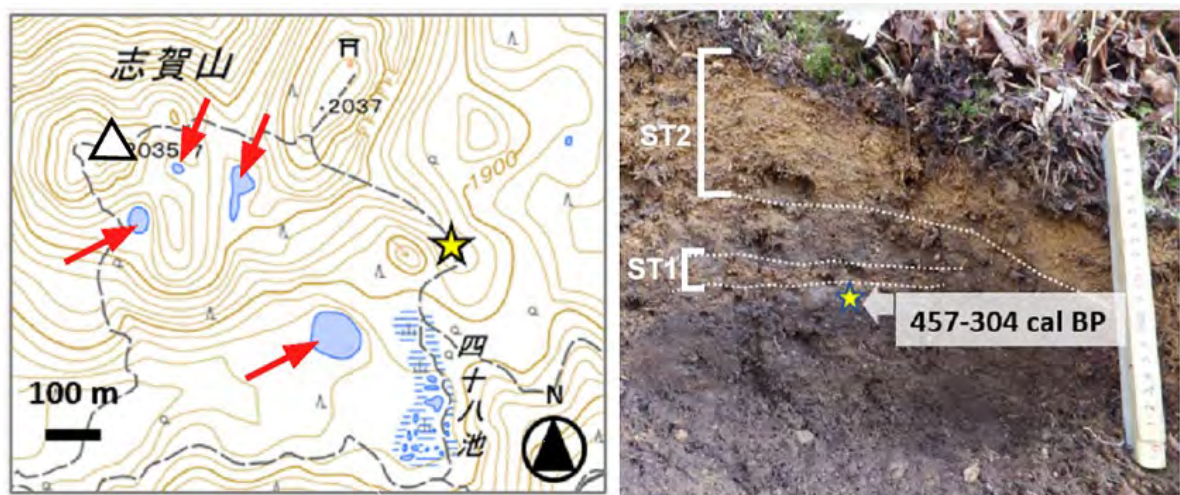


図 5 5 志賀山山頂部に見られる多数の火口 (左, 赤矢印先) と同図☆地点に見られる 2 層の白色テフラ層と年代値 (右)。

引用文献

- 亀谷伸子・石崎泰男・勝岡菜々子・吉本充宏・寺田暁彦（2020）草津白根火山，白根火砕丘群，弓池マールおよび逢ノ峰火砕丘の岩石学的特徴．地質学雑誌，126，157-165．
- 早川由紀夫・由井将雄（1989）草津白根火山の噴火史．第四紀研究，28，1-17．
- 気象庁編（2013）44．草津白根山．日本活火山総覧（第4版），気象庁，645-672．

○伊豆大島：野外調査に基づく大規模噴火の推移・履歴の解明（東京大学地震研究所）

伊豆大島は、伊豆小笠原マリアナ弧の北端に位置する火山島である。最近は1986年に噴火を起こしており、将来噴火が懸念される火山の一つである。過去の噴火履歴については地質学的調査や古文書の記録などによって明らかになっている。本研究では、その中でも数百年おきに繰り返す大規模噴火（Yシリーズ）の活動履歴および噴火推移解明のための研究を進めている。令和元年度は、伊豆大島の典型的な大規模噴火である安永噴火（Y1）および15世紀噴火（Y4）について地質調査を行い、テフラおよび溶岩流の層序を火口近傍から遠方の広範囲で再構築し、層序毎の噴出物の化学分析を進めた。

最も新しい安永噴火（Y1）について、層序の再構築を進め、噴火推移について以下の新たな知見を得た。（1）安永噴火の爆発的噴火ステージに由来するテフラは大きく3つのユニットに区分できること、（2）初期のマグマは低斑晶量であるが次第に斜長石斑晶に富むようになり、その変化がステップ状であること、（3）爆発様式（噴出率、噴煙高度）がユニット毎に異なり岩石組織もそれに対応して変化すること、などの噴出マグマや噴火推移の詳細が明らかになった（図5.6）。とくに、主要な降下スコリア層の上部ユニットについては、古文書から流出時期が制約されている溶岩流との層序関係から、1778年11月中旬に噴出したことが明らかとなり、従来の考えよりも半年ほど遅く、しかも短期間でクライマックスに至った可能性があることがわかった。また、新たな等層厚線を用いて爆発的噴火ステージの噴出量を見積もったところ、従来の見積もりより3倍近く多くなる可能性があることがわかった。さらに、安永噴火（Y1）に加えて15世紀噴火（Y4）についても調査を進め、Y1と同様に、初期に低斑晶量マグマが噴出し、次第に斜長石斑晶に富むという推移の特徴を有していることがわかった。Y1噴火で得られた新知見については、学会で発表を行った。

なお、当初トレンチ掘削を予定していたが、露頭調査により噴火推移に関する有用な情報が多く得られ、掘削を実施するにあたり、より慎重かつ適切に場所を選定する必要が生じたため、本年度はトレンチ調査を見送ることとした。令和2年度以降の実施を予定している。

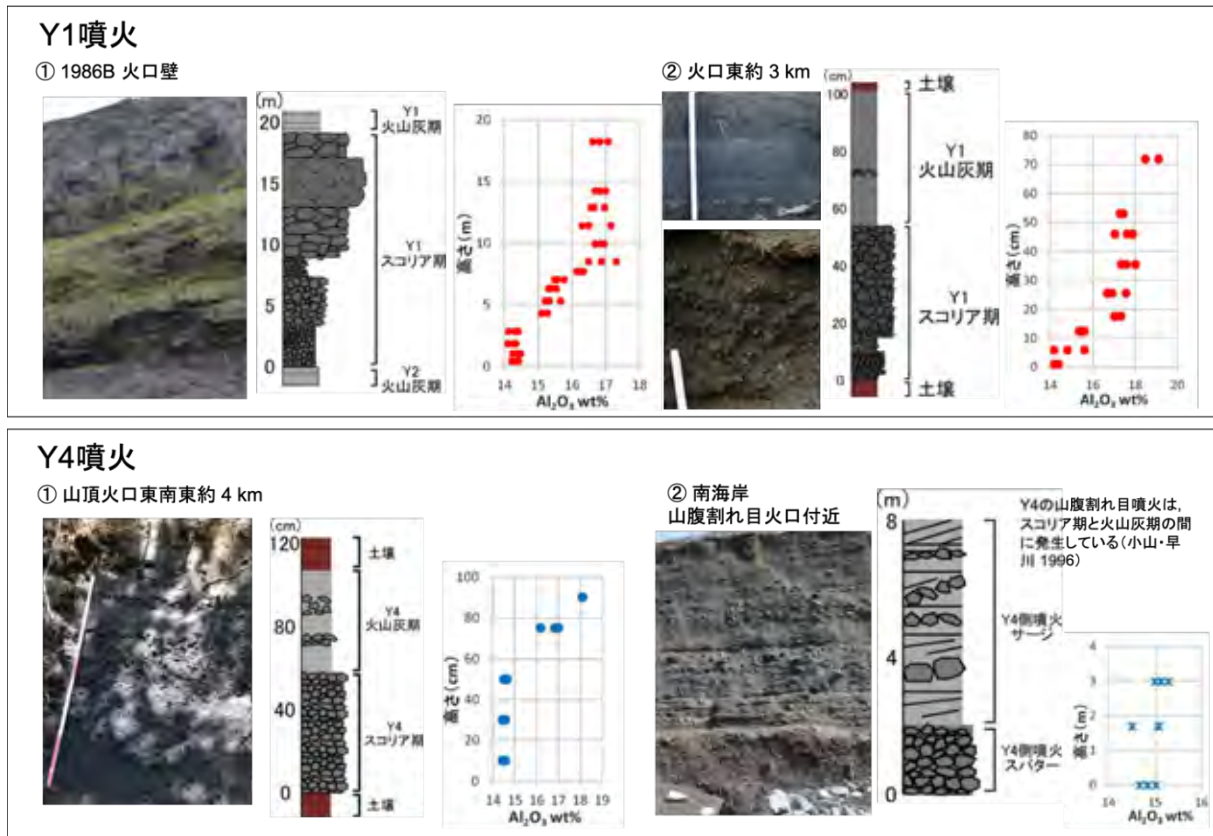


図5-6 伊豆大島 Y1 および Y4 噴火の露頭写真、柱状図および化学組成変化。それぞれ代表的な2地点のものを示す。全岩化学組成が噴火推移とともに系統的に変化していることがわかる。とくに Y1 噴火では、粒径が大きく変化するレベルで組成のジャンプが認められる。Al₂O₃ 量の変化は、ほぼ斜長石斑晶の含有量の変化で説明できる。

○新島：伊豆弧、新島火山における噴火の変遷と長期予測（筑波大学）

昨年度までの研究の継続として、伊豆弧北部、新島、式根島、および神津島の流紋岩を主体とする火山について、噴火区分等を基に、噴火の時系列（概略）と地域的なマグマの比較、また斑晶鉱物の化学組成や全岩組成などを元にマグマの時代変化等について比較検討を行った。

1. 流紋岩の噴火区分の再検討

噴火ユニット区分は、昨年 の 報 告 書 記 載 に も す で に 述 べ て い る が、地内島の噴火（～100ka）に始まり、いくつかの噴火を経て、式根島、（若郷玄武岩）、阿土山火山（856 y）、向山火山（886-887 y）まで断続的な噴火により形成されてきたと推測される。流紋岩の斑晶鉱物は主に、斜長石・石英・直方輝石・カミングトン閃石・普通角閃石・黒雲母から成り、それらの組み合わせから、4つのタイプに区分した：直方輝石—カミングトン閃石タイプ

(Opx-Cum-type)、カミングトン閃石タイプ(Cum-type)、カミングトン閃石—黒雲母タイプ(Cum-Bt-type)、黒雲母タイプ(Bt-type)。これらの噴火ユニットの多くにはカミングトナイトが含まれることが特徴である。一方神津島の噴出物等にはカミングトナイトは初期の噴出物のみで、それ以降は黒雲母がマフィック斑晶鉱物として含まれる場合が多い点の新島等とは異なっている。

2. 斑晶鉱物の化学組成、および全岩化学組成の特徴

斜長石のコア—リムの An mol. %は、地内島火山(Opx-Cum-type)で 30-45 にピークを持ち、噴出の時代と共に An %は下がり、向山火山(Bt-type)で、18-22%となる。同様な傾向はカミングトン閃石と黒雲母の Mg#にも現れ、噴出の順序（あるいは組み合わせる鉱物種）と共に、減少傾向を示す(例えば Arakawa et al., 2019)。これらの減少傾向は、生成されるマグマ温度・圧力の時系列での減少に対応していると考えられる。これらの結果は追加試料でも同様な結果となり、大きな違いは確認できなかった。

昨年度の研究成果として、流紋岩では、合計 13 ユニットの火山の全岩化学組成が明らかにされている。その結果、流紋岩類は 73~78%（多くは 75~78%）が高く、また全体的に組成幅が狭い結果となった。流紋岩をユニットごとに元素—元素濃度図では、それぞれのユニットが異なったデータ分布を示す(図 5 7 a 参照)。全体的には Opx-Cum-type, Cum-type では Bt-type と比較し、MgO・FeO・CaO に富み、K₂O・Na₂O に乏しい傾向があるが、同じタイプごとでも、データ列が異なることが明らかにされている。同様な傾向は微量元素組成等でも見られることが多かった(Arakawa et al., 2019)。

令和元年度は、上記結果を検証するために、全岩化学組成分析値の欠如していた、新島南東部の式根島(EPMA 分析結果は報告済み)、また分析データが限定されていた新島本島に隣接した地内島、および試料は少ないが神津島の流紋岩の元素組成分析を行った。その分析結果を図に示した(SiO₂-K₂O: 図 5 7 a)。記号を変えて、追加分析結果を線で囲んである。まず、式根島の黒雲母流紋岩(Bt-type) 2 試料は同じタイプの流紋岩である阿土山、および向山ユニット(黄色記号)に近接した領域にプロットされるが、わずかに低い SiO₂ 値、高い K₂O 値を示す。また、この周辺域での最初の活動になる地内島流紋岩(Opx-Cum-type)の追加 2 試料は、以前の分析結果と同じ分布(1 試料は SiO₂ 値が低い(73.4%)であり、他の Opx-Cum-type 流紋岩(紫色で示す)とは明らかに異なっていることがわかる。また、比較対象として、神津島の噴火の中で初期に活動したとされる面房流紋岩(Opx-(Cum)-type)の 2 試料の分析を実施した。同じタイプの新島、地内島ユニットと比較し、低い SiO₂ 値、高い K₂O 値を示している。これらの分析結果からは、各流紋岩のタイプ、および同じタイプでもユニットにより元素組成に違いがあることがわかった。これらの結果を総合すると、ある限定された地域の流紋岩質マグマでも、噴火ユニットごとに組成のわず

かに異なる親マグマから結晶分化等で形成されたという可能性が考えられる。この考えは伊豆弧における隣接した噴火ユニットでもその生成や分化が異なるという研究例(例えば、東伊豆単成火山の岩石の研究例として、鈴木他(2000)や Nichols et al. (2012) など)とも調和的である。

一方、希土類元素(REE)は、全体的には類似のパターンを示し、大きな違いはないように見える。追加分析結果(図5-7b)からは、以前の分析結果とほぼ一致する傾向が読み取れるが、それぞれわずかな違いがあるように見える。地内島のユニットは、以前の分析結果と同様、Euの負異常がみられないなどかな右下がり(軽希土類元素から重希土類元素)のパターンを示している。また、詳細には、地内島のデータは他のタイプの流紋岩に比べ、Euを除く他の元素にやや乏しいことがわかる。式根島の追加試料は他の黒雲母流紋岩のデータとほぼ一致している(図ではわかりにくい)。神津島の追加試料(Opx-Cum-type)は、他の新島周辺のユニットに比べ、わずかに高いREE量を示し、Euの負異常も大きいことがわかる。神津島の結果は、新島におけるREEパターンと岩石タイプの比較において違いが確認できた。これらのREE分析結果から、全体的なパターンの類似性を考えると、研究を行った地域の流紋岩の起源物質、およびその後の生成・分化のプロセスの類似性を示していると考えることができる。一方で元素濃度分析の結果の違いはそれぞれの噴火ユニットのわずかな起源や生成過程(生成条件)の違いを反映しており、火山、および各噴火ユニット独自の生成プロセスが存在するという考えとは矛盾はしない。

3. マグマの長期的な変動など

追加試料分析結果等を考慮すると、この地域のマグマの活動が、少なくとも50 ka以前には始まっており、それ以降、断続的に噴火を続けてきたこと、特に10 ka以降には時間軸が明確になった部分もあり、噴出率(190×10^9 kg/ka)(例えば、吉田, 1992)などもすでに提示されている。本研究では、それを大きく改変する結果ではない。新島、式根島、神津島などにおける斑晶鉱物の組み合わせや平衡温度の推定からは、他地域の流紋岩(特にOpx-Cpx主体の流紋岩など)に比べ低温(および低圧)の条件で生成され、浅所のマグマ溜りからの噴出が推定される。これは、調査地域の流紋岩質マグマの組成変化とも密接に関連し、時代と共に、わずかずつ浅所で低温のマグマの生成・噴出が生じたものと考えられる。今後のマグマ供給系やマグマ活動に関する詳細は今後検討する必要がある。

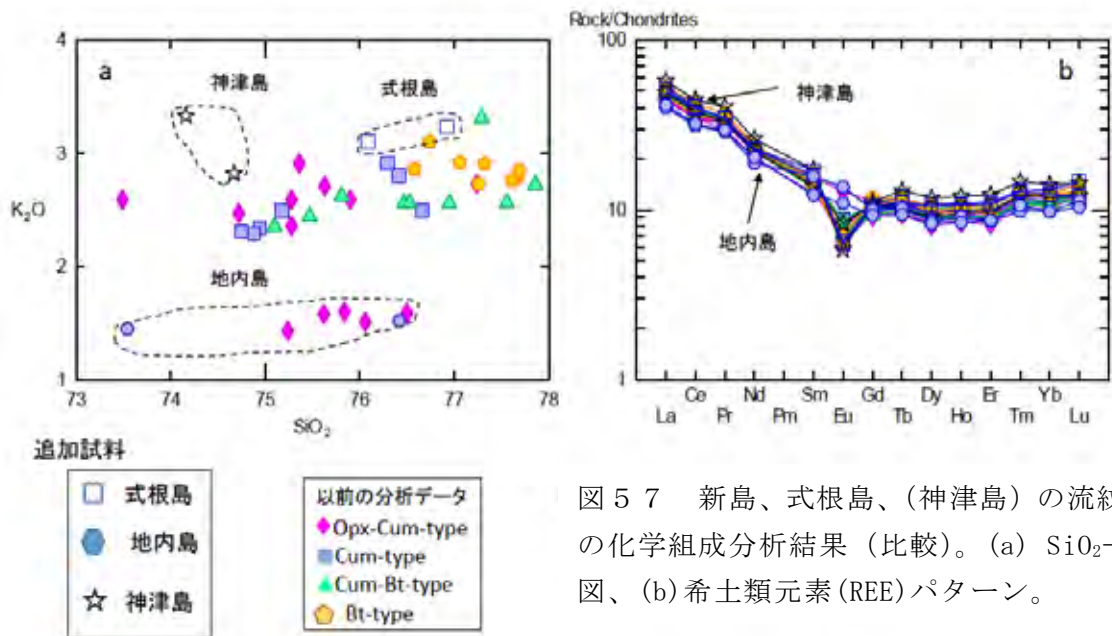


図 5 7 新島、式根島、(神津島) の流紋岩の化学組成分析結果 (比較)。(a) SiO_2 - K_2O 図、(b) 希土類元素 (REE) パターン。

○三宅島：野外調査および物質科学的解析に基づく坪田期の噴火履歴とマグマ長期変遷の関係解明 (茨城大学)

1. はじめに

三宅島火山の活動は、噴火様式やマグマ組成を基に、約 10~4 ka の大船渡期 (約 7~4 ka の静穏期含む)、坪田期 (約 4~2.5 ka)、雄山 I 期 (約 2.5~1.3 ka)、雄山 II 期 (約 1.3 ka~AD 1469)、新澁期 (AD 1469~AD 1983) に区分される。雄山期以降の噴火層序は比較的詳しく研究されているが、それより前については噴出物の記載例が少ない。特に坪田期は、静穏期後、現在まで続く活動の最初期にあたり、特徴的に安山岩を噴出するなど、本火山の中長期的噴火推移やマグマ変遷を理解する上で重要と言える。そこで、坪田期のうち未区分噴出物が多い島南部を中心に (図 5 8・5 9)、地質記載と本質物質の全岩化学組成分析を行った。

2. 坪田期噴出物の地質・岩石と考察

三宅島南部地域では、水平方向に約 3 km、高さ約 10~60 m の海食崖に連続的に噴出物が露出する (図 6 0 の A~R)。坪田期噴出物は、上位の八丁平噴出物 (約 2.5 ka) と ^{14}C 年代値 (未公表) を指標に特定でき、これらを地形・層相・本質物質の岩石学的特徴から 5 つに区分した (下位から TbS-1~5)。全ての噴火ユニット間には、風化火山灰や侵食面などが介在する。本地域西部では TbS-1・2・3 が、東部では TbS-1・4・5 が認識できる。

TbS-1 は降下スコリアとそれを覆う火砕サージ堆積物からなる。層厚の増加方向やサグ構造の方向および堆積構造から判断される流向から、鶴根マール付近に給源を持つと推定できる。降下スコリア中の炭化木から $3,240 \pm 30$ yBP の ^{14}C 年代が得られている。TbS-2・3 は暗灰色の溶岩である。TbS-4 は灰色と黒色部からなる不均質な溶岩で、直下の土石流堆積物中の炭化木片から $2,600 \pm 30$ yBP の ^{14}C 年代が得られている。TbS-5 は灰色の溶岩であ

る。本質物質の多くは斑晶量 6 vol.%以下で、斑晶鉱物組合せは主に斜長石、単斜輝石、直方輝石、不透明鉱物であるが、TbS-3にはごく少量のかんらん石が含まれる。TbS-4の灰色部とTbS-5は安山岩 ($\text{SiO}_2=58-59$ wt.%) で、それ以外は玄武岩質安山岩 ($\text{SiO}_2 = 52.9-54.8$ wt.%) である。全岩 Mg#は、安山岩が 31.2~32.9、玄武岩質安山岩は 36.8~43.2 である。津久井・鈴木 (1998)で記載された噴出物と本研究の TbS1~5を合わせて、4,000~2,500 yBPの期間に少なくとも11回の噴火が認められることから、坪田期の噴火の頻度は約 0.73 回/100yr 以上と推定され、この値は他の活動期に比べると低い (例：新瀨期：約 2.53 回/yr)。

新堀ほか (2003)は、大船渡期を除く活動期において、全岩 Mg#が、初期に最も高く、その後は時間経過に伴って減少するサイクルを見出した (図 60)。その中で坪田期は、安山岩主体 (55.9~63.2 wt.%) で低い全岩 Mg#値 (28.9~38.8) であると報告している。今回の新しいデータをこの変化傾向図にプロットすると、これらは最大で 43.2 の全岩 Mg#値を示し、雄山期初期へと整合的に Mg#が減少する傾向が見て取れる。このことから、従来の坪田期後期にあたる時期 (約 3,300yBP~2,600yBP) は、マグマ変遷サイクルから見ると、雄山期初期に再定義される可能性がある。今後は調査地域を広げ、 ^{14}C 年代値と岩石学的データを収集し、本火山の中長期的マグマ変遷の全容を明らかにしたい。

引用文献

新堀ほか (2003) 火山, 48, 387-405. 津久井・鈴木 (1998) 火山, 48, 387-405.

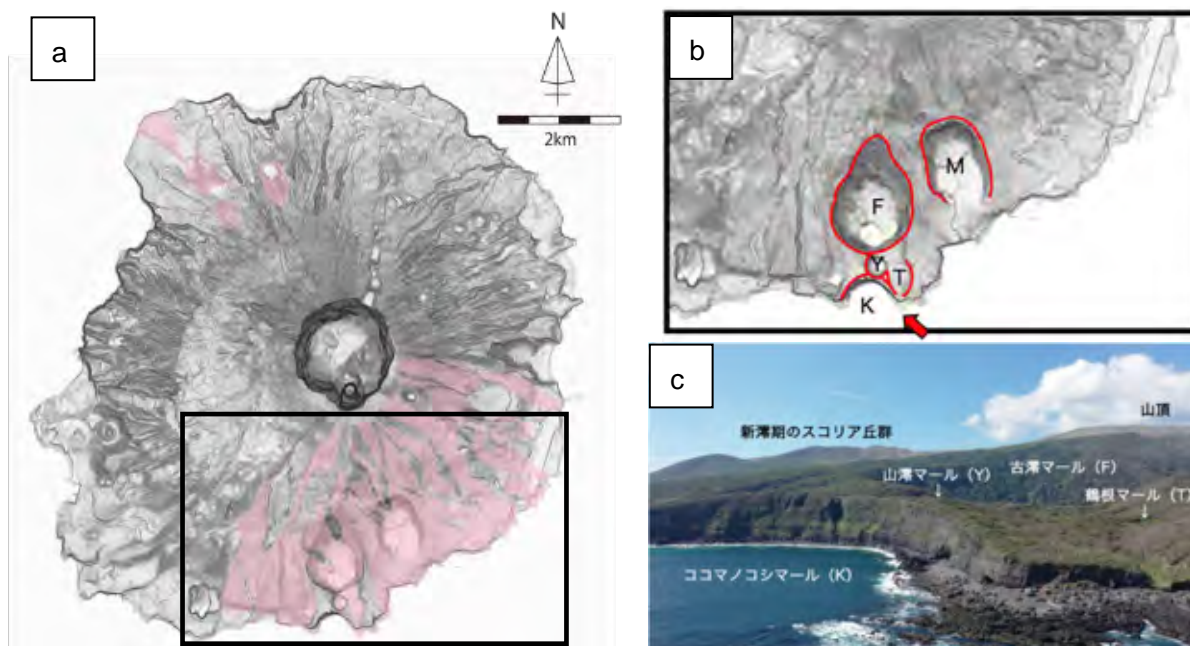


図 58 a) 三宅島の傾斜量図。ピンクは坪田期未区分噴出物。b) 左図口の拡大図。F：古瀨 (大路池) マール (以下、マールを)、Y：山瀨、K：ココマノコシ (仮称)、T：鶴根、M：水溜り。矢印は c) の撮影方向。c) マール群の空撮。

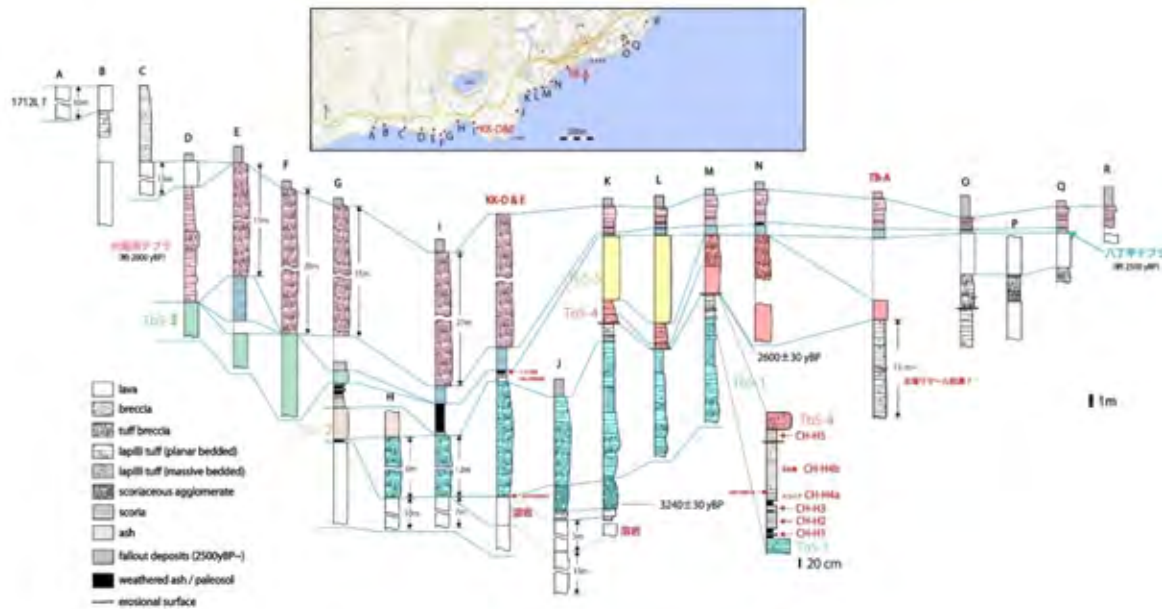


図 5 9 調査地域の対比柱状図。

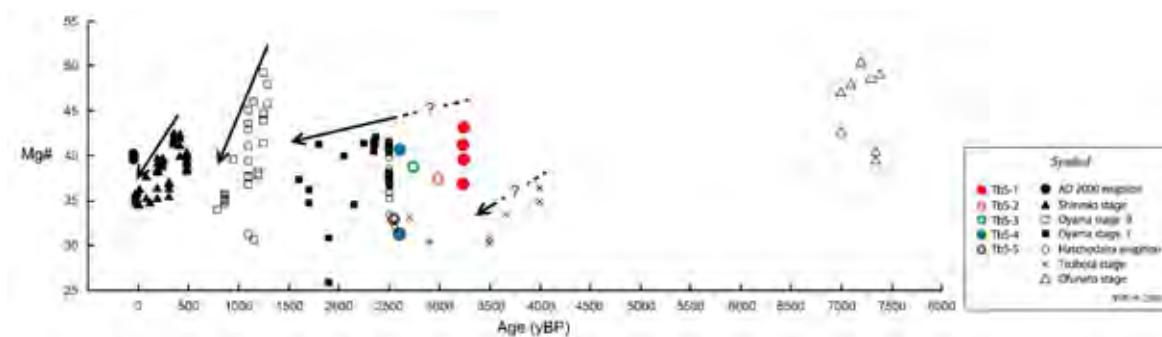


図 6 0 全岩 Mg#値の時間変化（新堀ほか，2003 に基づく）。TbS-2・3・5 の年代は土壌の厚さなどから概算。

○新潟焼山：地表調査及びトレンチ掘削調査による噴火履歴の解明（富山大学）

1. はじめに

新潟焼山は、新潟・長野県境に位置する活火山である。同火山の活動は第 I～V 期に区分されており、各活動期の噴出物は溶岩流と火砕流を主体とし、火山灰も伴う（早津，2008）。2018 年度には、新潟焼山火山東方の高層湿原（高谷池～天狗平）で、同火山起源のテフラ層を計 8 層確認した。本年度には、これらのテフラ層を東方の妙高火山方面に追跡し、より広域的にテフラ分布を調査した。また、代表的なテフラについては ^{14}C 年代測定も行った。

2. 本研究で得られた新たな知見

2018 年度には、新潟焼山火山起源のテフラの模式地（早津，2008）とされる高谷池～天狗平で調査を行い、8 層のテフラ層を確認した。これらのうち 3 層は連続性が非常に悪い

ため、既存テフラがリワークしたものと判断される。残りの5層（上位から順にテフラ A～E と仮称）については、それぞれ焼山 - 高谷池火山灰層の YK-KGa～YK-KGe（早津，2008）に対比される。昨年度に行った ^{14}C 年代測定により、テフラ E（YK-KGe）が従来考えられていた年代よりも 2,000 年古い約 5,000 年前のテフラであることが明らかにされている。

妙高火山に近づくに伴い、テフラ A～E は漸減もしくは消失し、妙高火山起源と考えられるテフラ層が目立つようになる。本年度の調査では、妙高火山山頂の南方に位置する南地獄谷の近傍において、計 9 枚の灰色もしくは橙色のテフラ層（上位から順にテフラ M1～M9 と仮称）が保存された好露頭を見出した（図 6 1）。M8 直下、M4 直下、M2 直下および M1 直下の泥炭質土壌から、それぞれ、3,460-3,372 cal. BP、3,159-2,978 cal. BP、1,990-1,882cal. BP、501-321cal. BP という ^{14}C 年代（暦年）を本研究で得た。

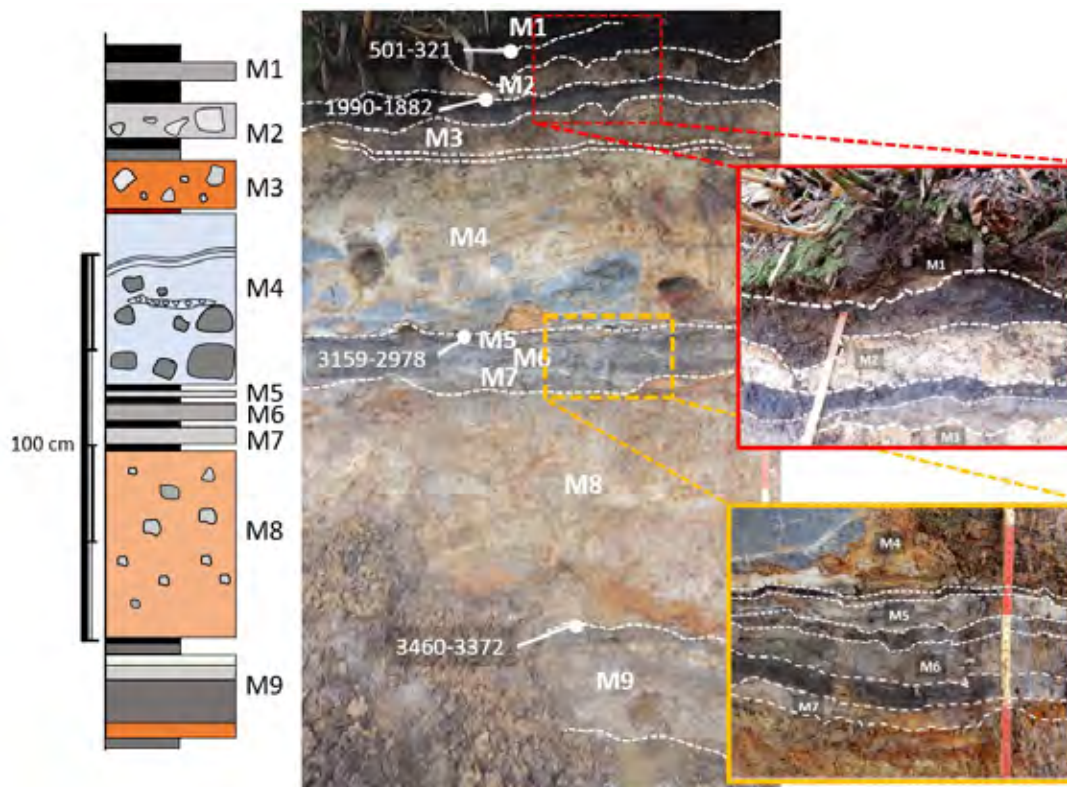


図 6 1 妙高火山南地獄谷近傍の手掘りトレンチで見られたテフラ層。中央写真中の数値は暦較正年代（単位は cal. BP）である。

テフラ M1 は、軽石を含むという特徴がテフラ B（YK-KGb）と類似しており、堆積年代も 500 年前頃と推測されることから、新潟焼山火山の第 IV 期噴火（1361 年噴火）のテフラと推測される。テフラ M2 には新鮮な火山ガラスが見られ、最大粒径 15 cm の火山岩塊を伴うことから、妙高火山で発生したマグマ噴火のテフラと推測される。テフラ M3～6 は火山ガラスを含まず、変質岩片と粘土鉱物が主体であることから、水蒸気噴火のテフラと判断される。これらのテフラは層厚も厚いため、露頭近傍の地獄谷で最近 3,000 年間に発生した水蒸気噴火のテフラである可能性が高い。テフラ M7～9 については、新鮮な火山ガラスや本質物と考えられるデイサイト～安山岩片が含まれるため、妙高火山で起きたマグマ噴火のテフラである可能性が高い。また、テフラ M9 は、直上の土壌の年代が 3,500 年

前頃に堆積していることから、約 5,000 年前の大田切川火砕流（早津，2008）の発生時に堆積した降下テフラ層である可能性が考えられる。

引用文献

早津賢二(2008)妙高火山群：多世代火山のライフヒストリー．424p，実業広報社，東京．

○白山：地表調査及びトレンチ掘削調査による噴火履歴の解明（富山大学）

1. はじめに

白山火山群は、石川・岐阜県境に位置する活火山である。史料に残る本火山群の最後の噴火は 1659 年の水蒸気噴火であり、表面的には 350 年以上静穏期を続けている。

本年度の調査では、白山火山群を構成する 3 つの火山体のうち、最も活動年代が新しい白山火山について、手掘りトレンチと自然露頭におけるテフラ層の調査、¹⁴C 年代測定、本質物の物質科学的解析を行った。

2. 本研究で得られた新たな知見

テフラ層の調査を、山頂周辺の自然露頭 9 地点と、白山東方の大倉山付近（大倉山避難小屋の西方約 100 m 地点）の手掘りトレンチ 1 地点で実施した。

自然露頭では、1 地点で最大 10 層のテフラ層を確認した。これらのうち最下層のテフラ層は、本質物としてスコリアを産し、複数枚の降下ユニットからなるという岩相の特徴から、南龍テフラ（遠藤，1985）に対比される。その上位にもスコリアを伴うテフラ層が 2 層確認できるが、既知テフラとの対比は現在検討中である。

手掘りトレンチでは、計 2 層のテフラ層（T1、T2 と仮称）を確認した（図 6 2）。テフラ T1 はラピリサイズの類質岩片を伴う白色粘土質火山灰層である。本テフラは山頂周辺の自然露頭では確認できていないため、主に山頂から東方に分布域をもつテフラ層と考えられる。テフラ T2 は、ラピリ～火山岩塊サイズの本質スコリアを伴い、複数枚の降下ユニットから構成されるという岩相の特徴から、山頂域に広く分布する南龍テフラに対比される。テフラ T2 直下の土壌層から 2,998 cal BP-2,869 cal BP という暦年代が得られたため、T2 の堆積年代は 3,000 年前以降と推測される。この年代は、南龍テフラから報告されている年代（遠藤，1985）とも整合的である。また、T2 の本質物の全岩組成は、山体崩壊（約 4,500 年前）以降に白山火山で噴出した溶岩の組成領域内に点示され、このことも T2 が約 4,500 年前以降のマグマ噴火により形成されたテフラであることを示している。

引用文献

遠藤邦彦（1985）白山火山地域の火山灰と泥炭層の形成過程．白山高山帯自然史調査報告書，11-30．

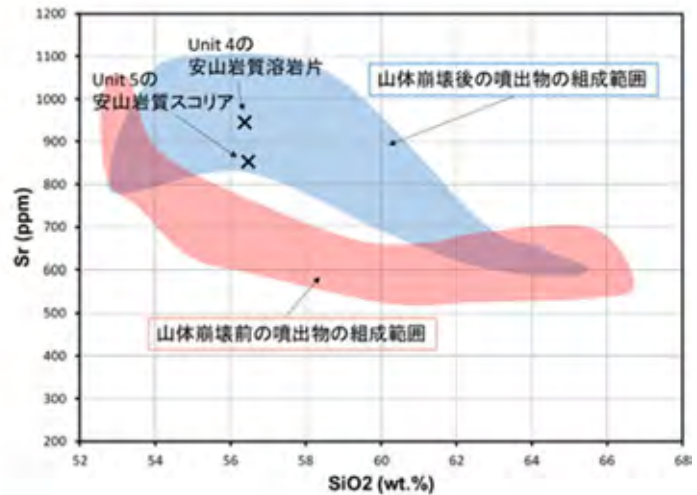
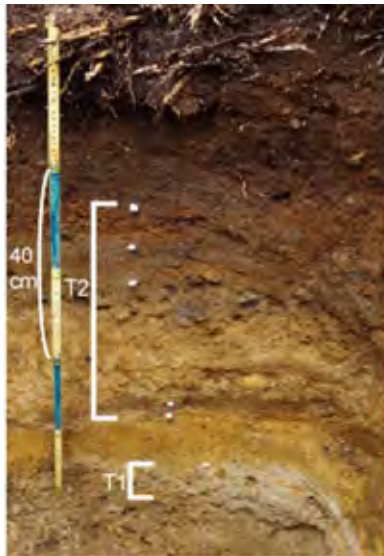


図 6 2 手掘りトレンチで見られたテフラ層（左）と T2 の本質物の全岩組成（右）。右図の Unit 4 と 5 は、テフラ T2 の降下ユニットにつけた名称である。

○御嶽山: 野外調査およびトレンチ掘削調査による噴火履歴の解明(産業技術総合研究所)

1. はじめに

中部地方に位置する御嶽（御岳）火山は、約 7 8 万年前から活動を開始した大型の成層火山で、古期と新期の活動に大別される。約 1 0 万年前から活動を開始した新期御嶽火山の活動は、現在も続いており、完新世にも複数回のマグマ噴火を含む活動を行っている（図 6 3；例えば、及川ほか，2014；及川ほか，2015）。そのため、近い将来も同程度の噴火活

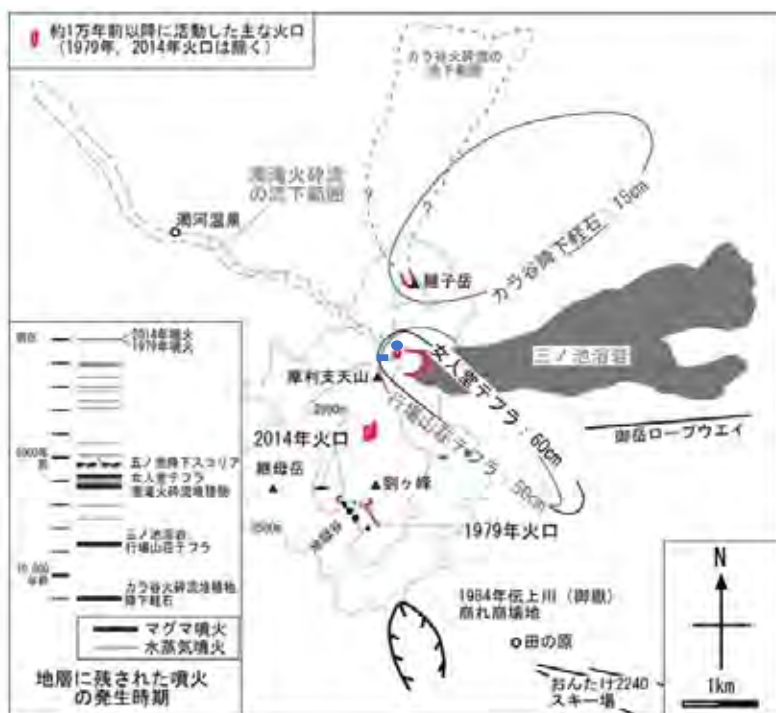


図 6 3 御嶽（御岳）火山の完新世噴出物の分布（及川ほか，2014 に加筆）。青丸は b) でふれる図 6 4 露頭の位置。青線の示す位置は、黒谷火口。

動を行う可能性が高く、活動履歴を基に火山活動のリスク評価を行う必要がある。しかし、完新世の火山活動がそれ以前より活発であるか否かは明らかでない。本研究では、御嶽火山の今後の活動評価に資するデータを得るために、火口近傍の山体上部において最近数万年間の活動を対象とした地質調査を行うとともに年代測定を行う。

本年度は完新世における噴火活動を評価するために、およそ1万年間の噴出物の調査を行うと共に、その1つ前の活動期の一の池火山噴出物の調査を行った。さらに新期御嶽山の細かい活動時期を明らかにするための地質調査と年代測定を行った。なお、本項では、 ^{14}C 年代値にはBP、それを暦年較正した値はcal BPをつけて区別して表記する。

2. 完新世の噴出物の調査

完新世の噴火史は、及川ほか(2014)・及川ほか(2015)などの速報的な研究があるが、その詳細は十分明らかになったとはいえない。今回、山体東側の黒沢口登山道8合目と9合目の登山道沿いの2,480m付近にて新たな露頭を発見し、テフラの記載を行うとともに ^{14}C 年代測定も行った(図64)。

新たな露頭では、最下位にスコリア流堆積物である黒岩テフラが分布し、その上の浸食面を挟まずに土層が重なり、その土層中に行場山荘テフラ、女人堂テフラ(テフラ名は、及川ほか(2014, 2015))、粘土質テフラが重なる。なお、行場山荘テフラと女人堂テフラは、共に完新世のマグマ噴火に伴うテフラであり、その年代は約9 ka(cal BP)、約6 ka(cal BP)とされており、特に行場山荘テフラは、完新世で最大のマグマ噴火の噴出物である、三ノ池溶岩の流出に伴って降下したテフラと推定されている(及川ほか, 2014, 2015)。また、水蒸気噴火の噴出物と推定される粘土質テフラの年代は、新たに測定した直下の土層の ^{14}C 年代値(図64)から約4ka(BP)と推定される。なお、約4千年前の水蒸気噴火テフラは、東麓で初めて確認されたもので、今までは南東麓の田ノ原登山道沿いにのみしか確認されていなかった。

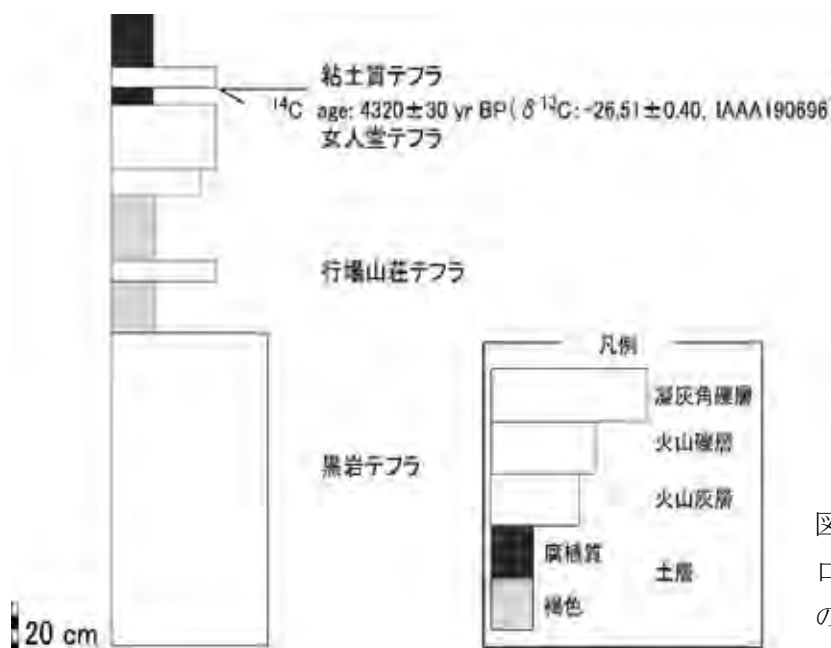


図64 御嶽火山、黒沢口登山道標高2,480m地点の柱状図。

本露頭は、標高 2,480m と高所に位置することから、完新世以前の最終氷期においては、周氷河ないし氷河環境下に置かれたと考えられる。そのため、その時期の未固結のテフラ層が、層として保存される可能性は大変低い。そのため、未固結のテフラ層であるが、層として保存されている最下位の黒岩テフラは、層序から約 9 千年前より古いのは確かであるが、完新世に噴出した可能性が高い。さらに、このスコリア流は分布から黒沢口登山沿いの標高 2,700m 付近の割れ目火口、黒岩火口起源であることがわかっている。

このように、御嶽山東麓に分布する、マグマ噴火由来の完新世テフラの層序が明確になり、かつ山体南東側の田の原登山道のみでしか見つかっていなかった、約 4 千年前の水蒸気噴火テフラが見つかった。これらの成果は、水蒸気噴火テフラの規模の推定や完新世テフラの層序や分布を明らかにするうえで重要な発見である。

3. 一の池火山の分布

完新世の活動評価を行うため、その 1 つ前の活動期である一の池火山噴出物の詳細な分布・層序を明らかにした（図 6 5）。従来の研究では、一の池火山噴出物の分布は研究者間で異なっていたが、山頂部を詳しく調査することで、正確な分布を明らかにした。今後、年代測定などを行い、活動期間を明らかにして、噴出率などを求める予定である。それらのデータを基に、完新世の活動がそれ以前より活発化どうかなどの活動評価を行う。



図 6 5 御岳火山、一の池火山噴出物の分布（オレンジ部分）。基図は地理院地図（国土地理院）を使用。特に東側の分布が、山田・小林（1988）及び竹内ほか（1998）と木村（1993）などの従来の研究が異なっていたが、今回の調査で分布が明確になった。

4. 新期御嶽山の火山活動の時期

約 10 万年前から始まった新期御嶽山の火山活動は、現在も継続しているが、初期のほうが活発であったことが指摘されている。そのため、最近 1 万年程度の火山活動が、直近の数万年間火山活動と比べて同程度であるか、それとも低調であるかなどは明らかになっている。御嶽山の完新世の火山活動が活発であるか否かは、完新世の噴出率などのデータと、それ以前の活動期のデータを比較して評価する必要がある。そのような目的で、現在、地質調査とあわせて K-Ar および Ar/Ar 年代測定を行い、過去数万年程度の御嶽山の噴出率の変化の詳細などを明らかにしようとしている。

まだ予察的であるが、地質調査と年代値を基にした新期御嶽山の火山活動期および山体

区分は、図 6 6 のように区分される。約 10～5 万年前までに山体の大部分が形成された後、約 4～2 万年前に、山体の北側と南側で活動があった。その後、完新世に山体のやや北寄りで活動があったとまとめられる。今後、層序と関連づけた年代測定をさらに行い、詳細を明らかにする予定である。

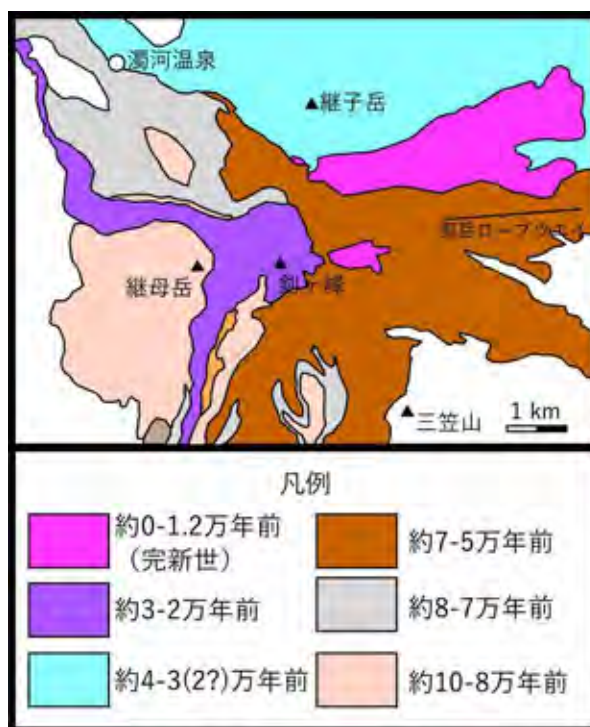


図 6 6 新期御嶽火山の活動年代に基づく山体区分図（予察）。

5. まとめ

御嶽火山において、完新世の火山活動に関連する新たな露頭を発見し記載を行った。また、完新世の火山活動の 1 つ前の活動期で形成された一ノ池火山噴出物の詳細な分布を明らかにした。更に、地質調査とあわせて K-Ar・Ar/Ar 年代測定を行い、活動年代に基づく山体区分を検討した。

引用文献

- 木村純一（1993）後期更新世の御嶽火山：火山灰層序学と火山層序学を用いた火山活動史の再検討．地球科学，47，301-321.
- 及川輝樹・鈴木雄介・千葉達朗（2014）御嶽山の噴火-その歴史と 2014 年噴火．科学，84，1218-1225.
- 及川輝樹・鈴木雄介・千葉達朗・岸本博志・奥野充・石塚治（2015）御嶽山の完新世の噴火史．日本火山学会 2015 年度秋季大会講演予稿集，102-102.
- 竹内誠・中野俊・原山智・大塚勉（1998）木曾福島地域の地質．地域地質研究報告（5 万分の 1 地質図幅），地質調査所，94p.
- 山田直利・小林武彦（1988）御嶽山地域の地質．地域地質研究報告（5 万分の 1 地質図幅），地質調査所，136p.

○九重山：地下水水質による九重火山の山体内部の地質構造と火山活動の推定に関する検討（山口大学）

1. はじめに

火山はその山体に大量の水を貯えており山麓部には多く湧水池が分布している（Yamamoto, 1995）。また、火山周辺ではマグマ活動に由来する熱水の上昇もみられる。そのため火山体の地下水や熱水には化学的な多様性がみられる（太田, 2006）。上記の多様性は、マグマ由来の熱水や火山ガスが影響していると考えられる。浅間山北麓において、湧水の水温の形成には風穴や火山活動が関与すると報告されている（鈴木ほか, 2007）。岩手山全体では、水質により地下水が分類されている（佐藤ほか, 2000）。チェジュ島においては、地下水中の微量元素含有量に基づき噴出物によって水質形成機構が異なることが報告されている（Koh et al., 2016）。しかし、これらの研究では、水-岩石反応に基づく火山体の地下水における水質形成モデルは検討されていない。一方、batch-leaching 試験と PHREEQC を用いたシミュレーションから地下水水質は周辺の岩石（鉱物組み合わせ）との水-岩石反応の結果として形成されると報告されている（Ohta et al., 2019）。

山下・太田（2017）では、九重火山東部域における水-岩石反応過程を検討した。九重火山では、その中部域においては現在も噴気活動が盛んであり、全域にわたり多様な熱水や湧水が分布する。そこで、地下水水質から火山体の地質構造と火山活動を推定する手法の構築の基礎研究として、九重火山全域に分布する湧水や熱水の水質分析結果について多変量解析を行い、各湧水・熱水の水質形成過程について検討した。

2. 九重火山における湧水、熱水の水質の特徴

図6-7及び表5に示した14箇所の湧水・熱水・温泉水・河川水について、それぞれ複数時期に採水し、水質を分析した。分析項目は、pH、EC（電気伝導率）、水温、ORP（酸化還元電位）および主要イオン濃度（ Na^+ ・ K^+ ・ Ca^{2+} ・ Mg^{2+} ・ SO_4^{2-} ・ HCO_3^- ・ Cl^- ）である。

全採取試料の主要イオン濃度の分析結果を、トリリニアダイアグラムに示す（図6-8）。熱水試料 No. 1、冷泉あるいは温泉水試料 No. 13・14、温泉下流の河川水試料 No. 10 は、I型に分類され、その他の試料の大部分は循環型地下水（II型）の特徴を有する。No. 4のみI型とII型の間の中間型（V型）に分類される。

図6-9に全試料のpHとECとの相関を示す。図中のシンボルは、図6-8でII型に分類される試料を白抜きで、I型およびV型に分離された試料を塗潰しあるいは線で示した。大部分の試料が弱酸性～中性を示し、II型の試料はNo. 11を除いてECが約50mS/m以下を示す。熱水試料 No. 1、温泉水試料 No. 14と深層地下水試料 No. 11で高いECが観測された。

I型に分類されるNo. 1は酸性、No. 13・14は弱酸性を示すが、同じI型でもNo. 10は分析試料中でも最も高いpHを示す。炭酸泉である試料 No. 5・7・8はII型の中でもpHが低く弱酸性を示す。

飯田火砕流堆積物中の湧泉試料 No. 2・3、一番水溶岩からの湧水試料 No. 4、大船東溶岩沿いの河川水試料 No. 6など酸性噴出物内あるいはそれに近接して分布する湧水や河川水は、中性を示しECも低い。



図 6 7 試料採取位置図。

表 5 採取試料一覧。

No.	試料名	種類	湧出地の地質	備考
1	小松地獄	熱水(自噴)	飯田火砕流堆積物	
2	池山水源	湧泉	飯田火砕流堆積物	
3	山吹水源	湧泉	飯田火砕流堆積物	
4	一番水	湧水	一番水溶岩	
5	今水	湧水	岳麓寺溶岩	炭酸泉
6	今水川	河川水		
7	よいやな	湧水	黒岳溶岩ドーム	炭酸泉
8	黒嶽荘	湧水	黒岳溶岩ドーム	炭酸泉
9	男池	湧泉	男池溶岩	
10	鳴子川	河川水		法華院温泉下流
11	ボーリング孔	深層地下水(自噴)	湯沢山溶岩/台の山溶岩	
12	水抜き孔	浅層地下水	湯沢山溶岩/台の山溶岩	
13	寒の地獄	冷泉	寒の地獄火砕流堆積物/ 飯田火砕流堆積物	
14	赤川温泉	温泉	久住山溶岩	

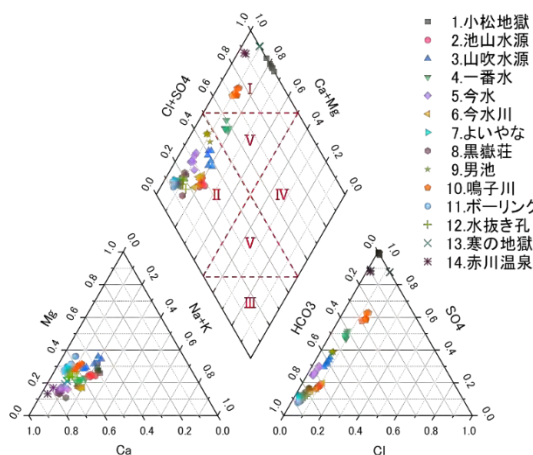


図 6 8 湧水等のトリリニアダイアグラム。I : 温泉水・化石水、II : 循環滞型地下水、III 停滞型地下水、IV : 海水起源、V : 中間型。

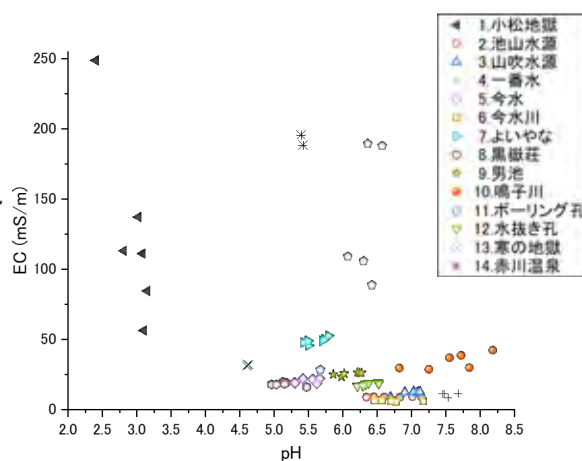


図 6 9 湧水等の pH-EC 図。

3. 多変量解析による湧水・熱水の分類と水質形成過程の推定

前章で述べた各熱水・湧水・河川水の水質から、多変量解析手法を用いた分類と水質形成過程の推定を試みた。用いた解析手法は、主成分分析とクラスター分析である。

主成分分析とは、複数の変量からなるデータを少数の総合特性値（主成分）に要約するための手法である（清水，2015）。総合特性値は元の変量に係数を掛け、それらを足し合わせて生成され、主にサンプルの特徴づけのために利用され、新たなサンプル間の特性をつかむことが可能となる（清水，2015）。

クラスター分析とは、各サンプルを多次元の空間上に並べて布置し、その布置の仕方により、サンプル間の距離の近いものから融合し、その構造を評価する手法である（清水，2015）。クラスター分析のアルゴリズムは、多変量の距離を計算した分類距離行列を基準に、サンプル間を統合処理しており、クラスター分析された分類結果およびその過程が樹状図（デンドログラム）により表示される。

3. 1 主成分分析結果

(1) 主要イオン濃度による分析

採取した全試料の主要イオン濃度に対して主成分分析を行った。分析の結果得られたイオン濃度の指標のパイプロットと因子負荷量の散布図を図 7 0 に示す。

パイプロット図から、第 1 主成分 (PC1: X 軸方向) は Na・K・Ca・Mg が大きな正の値を、NO₃ が負の値をとることがわかる。これは、第 1 主成分の正の方向は水-岩石反応によるこれらの陽イオンの溶出を示し、負の方向は人為汚染による影響を表していることを示唆する。一方、第 2 主成分 (PC2: Y 軸方向) は F・Cl が大きな正の値を示しており、ガス成分の影響を反映していると考えられる。

因子負荷量の散布図では、No. 11 ボーリング孔試料が大きな正の PC1 値を示しており、水-岩石反応の影響が大きいことが推定される。また、No. 1 小松地獄試料の PC2 が正の方向に大きいことから、この試料の水質はガス成分の影響を受けていると考えられる。この 2 試料は主要イオン濃度が高いが、他の試料はこの 2 試料に比べてイオン濃度が低いため、因子負荷量の散布図では原点付近に集中し、詳細な検討を行うことは困難である。

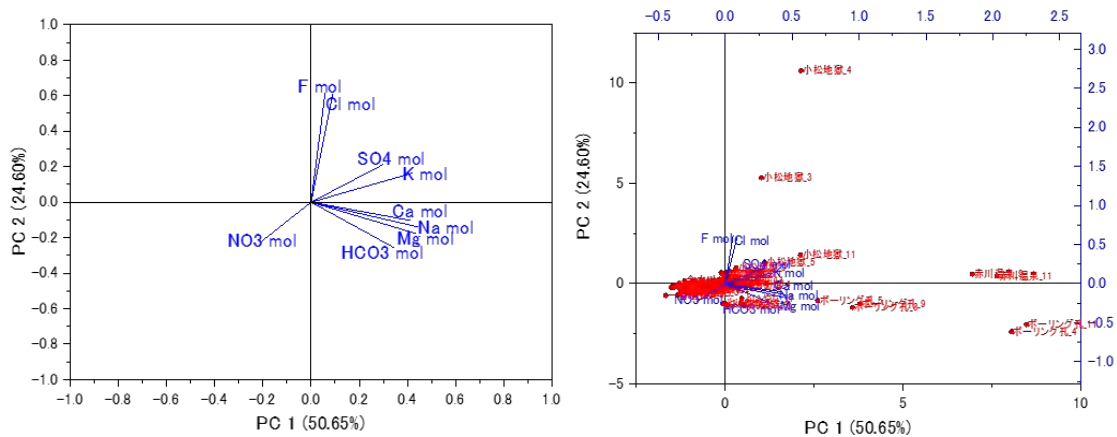


図 7 0 主要イオン濃度に対する主成分分析結果。(左)パイプロット図 (右)因子負荷量散布図。

(2) 主要イオン濃度比による分析結果

採取した全試料の主要イオン濃度比に対して主成分分析を行った。分析の結果得られたイオン濃度の指標のパイプロットと因子負荷量の散布図を図 7 1 に示す。

パイプロット図において、第 1 主成分では正方向に HCO₃ と NO₃ が大きく、負の方向に SO₄ が大きいことから、第 1 主成分は火山ガスと人為汚染の影響を表していると考えられる。一方、第 2 主成分では Na・K が大きな正の値を、Ca・Mg が大きな負の値を示すことから、第 2 主成分は水-岩石反応を表しており、正の方向はフェルシク鉱物の溶解を、負の方向はマフィック鉱物の溶解を示すと推定される。

上記から因子負荷量の散布図において、第 1 象限はフェルシク鉱物の溶解の卓越、第 2 象限は H₂S・SO₂ を主体とする火山ガスの影響とそれによるフェルシク鉱物の溶解および硝酸による人為汚染の影響を、第 3 象限は H₂S・SO₂ を主体とする火山ガスの影響とそれによるマフィック鉱物の溶解を、第 4 象限はマフィック鉱物の溶解の卓越を、それぞれ示している。

No. 1 小松地獄は、第 2 象限の SO_4 の負荷量線の延長にあることから、 $\text{H}_2\text{S} \cdot \text{SO}_2$ ガスが強く影響していると考えられる。No. 10 鳴子川と No. 13 寒の地獄も第 2 象限の SO_4 負荷線上に分布するため、 $\text{H}_2\text{S} \cdot \text{SO}_2$ ガスの影響が推定される。No. 2 池山水源、No. 3 山吹水源、No. 4 一番水は第 1 象限の PC1 が 0 に近い位置に分布することから、火山ガスの影響が少なく、フェルシク鉱物の溶解に卓越した水質と言える。No. 6 今水川は第 1 象限の PC1・PC2 とともに大きな値をとる位置にあり、フェルシク鉱物の溶解と硝酸による人為汚染の影響が考えられる。No. 7 よいやな、No. 9 男池、No. 11 ボーリング孔、No. 12 水抜き孔は第 3・第 4 象限の PC1 が 0 付近に分布することから、火山ガスの影響が少なく、マフィック鉱物の溶解に卓越すると考えられる。No. 5 今水、No. 8 黒嶽荘は第 4 象限に位置し、 CO_2 ガスの影響とそれに伴うマフィック鉱物の溶解によると推定される。

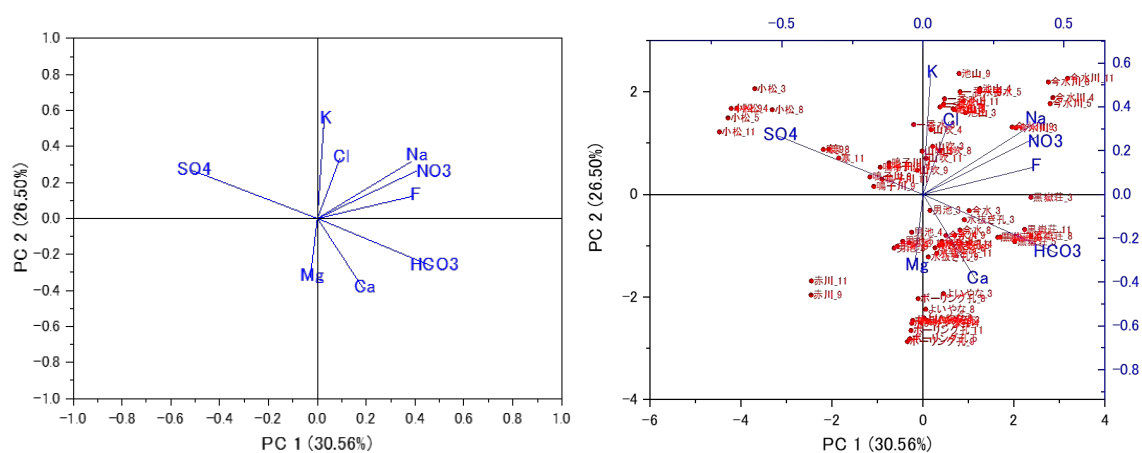


図 7.1 主要イオン濃度比に対する主成分分析結果。(左)パイプロット図 (右) 因子負荷量散布図。

3. 2 クラスタ分析結果

採取した全試料の主要イオン濃度を対象に、群平均およびユークリッド距離を用いたクラスタ分析を行った。分析結果のデンドログラムを図 7.2 に示す。

図 7.2 から、九重火山における湧水、熱水等は、1 3 のクラスターに分けることができる。前節の主成分分析結果と合わせると、クラスター 1・2-C・4・6 は $\text{H}_2\text{S} \cdot \text{SO}_2$ ガスの影響を受けた熱水や温泉水、クラスター 3 は CO_2 ガスの影響を強く受けた湧水、クラスター 2-A はフェルシク鉱物の溶解に卓越した水質の湧水・河川水で、2-A-2 には人為汚染の影響がみられる。クラスター 2-B・2-D・3・5・7 は主にマフィック鉱物の溶解の影響を受けた水質の湧水であり、クラスター 2-B-1・2 および 3 では CO_2 ガスの影響が程度は異なるが、認められるものである。

3. 3 湧水・熱水の分類と水質形成過程

以上の九重火山における湧水、熱水等の水質に関する多変量解析の結果から推定される分類とそれぞれの水質形成過程は表 6 に示すとおりと推定される。表から、水-岩石反応による鉱物の溶解が水質形成において卓越する場合は、湧出する箇所での噴出物の SiO_2 量と推定される溶解鉱物が調和的であることがわかる。

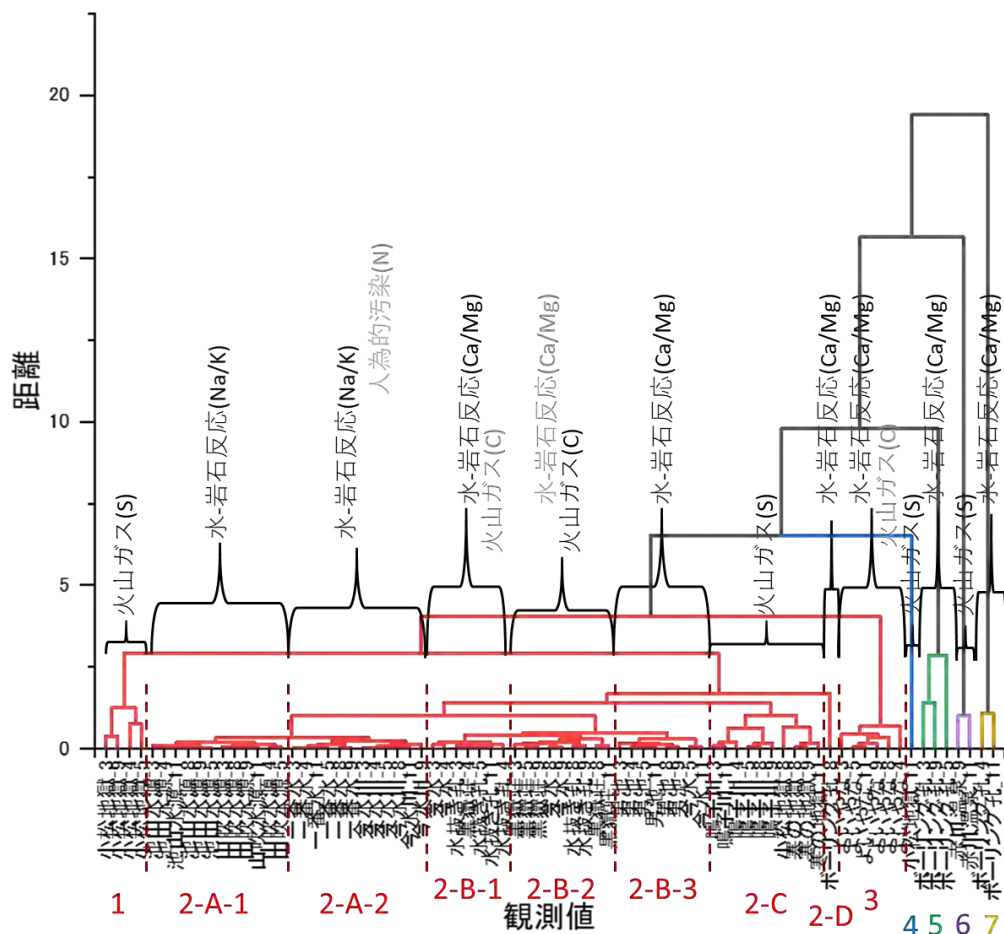


図7-2 クラスタ分析結果を表すデンドログラム。

表6 九重火山の湧水・熱水の分類と水質形成過程。

クラスター	試料No.	水質形成過程	地質
2-A-1	2,3	フェルシック鉱物の溶解	飯田火砕流堆積物(66)
2-A-2	4,6	フェルシック鉱物の溶解+人為汚染	一番水溶岩(61-66)/大船東溶岩(61-66)
2-B-3	9,(5)		男池溶岩(57)
2-D	11	マフィック鉱物の溶解	湯沢山溶岩(60)/台の山溶岩(60)
5	11		
7	11		
2-B-1	5,12	マフィック鉱物の溶解+CO ₂ の混入	岳麓寺溶岩(60)/湯沢山溶岩(60)/台の山溶岩(60)
3	7		黒岳溶岩ドーム(60)
2-B-2	8,(5),(12)	CO ₂ の混入+マフィック鉱物の溶解	黒岳溶岩ドーム(60)
6	14	H ₂ S,SO ₂ の混入+マフィック鉱物溶解	久住山溶岩(59)
1	1		飯田火砕流堆積物(66)
2-C	(1),10,13	H ₂ S,SO ₂ の混入	寒の地獄火砕流堆積物/飯田火砕流堆積物(66)
4	1		飯田火砕流堆積物(66)

試料No.の () は観測回数が少ないことを表す

地質の () 内の数字はおおよそのSiO₂wt.%を表す

4. まとめ

九重火山に分布する湧水、熱水、温泉水等の主要イオン濃度について、主成分分析およびクラスタ分析を行い、これら水試料の分類と水質形成過程の推定を試みた。その結果

は以下のとおりである。

- ① 九重火山の湧水、熱水等は、推定される水質形成過程から7タイプに分類される。
- ② 水-岩石反応が主な水質形成過程のタイプでは、湧出地に分布する噴出物の SiO₂ 量と推定される溶解鉱物が調和的である。
- ③ 炭酸泉ではすべて CO₂ ガスの混入が予測される。
- ④ トリリニアダイアグラムで I 型に分類される試料は、すべて H₂S・SO₂ ガスの混入が推定される。

引用文献

- Koh, Dong-Chan, Chae Gi-Tak, Ryu Jong-Sik, Lee Seung-Gu, Ko Kyung-Seok (2016) Occurrence and mobility of major and trace elements in groundwater from pristine volcanic aquifers in Jeju Island, Korea. Applied Geochemistry, 65, 87-102.
- 太田一也 (2006) 雲仙火山の温泉とその地学的背景, 日本地熱学会誌, 第 28 巻, 第 4 号, 337-346.
- Ohta, Takehiro, Hattori, Shuichi, Kikuchi, Yoshihiro, and Shimofusa, Dai (2019) Experimental and Numerical Study of the Groundwater Quality in Altered Volcanic Rock Area, IAEG/AEG Annual Meeting Proceedings, Volume 4.
- 佐藤努・安原正也・風早康平・高橋正明・丸井敦尚 (2000) 岩手山の湧水の主要化学組成による分類, 日本水文化学会誌, 第 30 巻, 第 1 号, 23-32.
- 清水功次 (2015) 実務に役立つ多変量解析の理論と実践, 149-199.
- 鈴木秀和・田瀬則雄 (2007) 浅間山北麓における湧水温の形成気候と地域特性, 日本水文学学会誌, 第 37 巻, 第 1 号, 9-20.
- Yamamoto, S. (1995) Volcano body springs in Japan, Kokon-shoin, Tokyo, 264p
- 山下慧・太田岳洋 (2017) 九重火山東部における地下水水質と火山地質との関係性について, 日本応用地質学会平成 29 年度研究発表会応援論文集.

○阿蘇山：2019 年噴火対応およびトレンチ掘削調査による阿蘇山の噴火履歴の解明（熊本大学）

（1）阿蘇火山中岳における 2019 年マグマ噴火に先行する火山活動

阿蘇火山中央火口丘群の中で唯一活動を続ける中岳はわが国を代表する活火山であり、近年では 2014 年 11 月～2015 年 5 月にかけてマグマ噴火 (Miyabuchi & Hara, 2019) や 2015 年 9 月～2016 年 10 月には複数回の爆発的噴火が発生している (Miyabuchi et al., 2018)。令和元年度は、中岳第 1 火口における 2019 年の火山活動に焦点を当て、小規模な噴火活動に伴う噴出物について現地調査を行って火山地質学的特徴を明らかにしたので、その結果を報告する。

阿蘇火山中岳では 2019 年 7 月 26 日以降、ほぼ連続的なマグマ噴火が発生しているが、

それに先行して同年4月16日から複数回のごく小規模な噴火が認められた。なかでも5月3日～5日には噴煙が2,000 mまで上昇して阿蘇カルデラ南方域にまで降灰が観察されるイベントが発生した。5月4日～5日にかけて現地調査を行った結果、このイベントに伴う火山灰は、中岳第1火口から南南東方向と南西方向に2つの主軸をもって分布することがわかり(図7 3)、噴出物量は700トン程度と概算された。当時の気象データから、南南東方向への火山灰の分布は噴火初期にあたる5月3日15～18時頃の風向(北風)を、また南西方向への飛散は3日20時以降の風向(北東風)を反映していると考えられた。

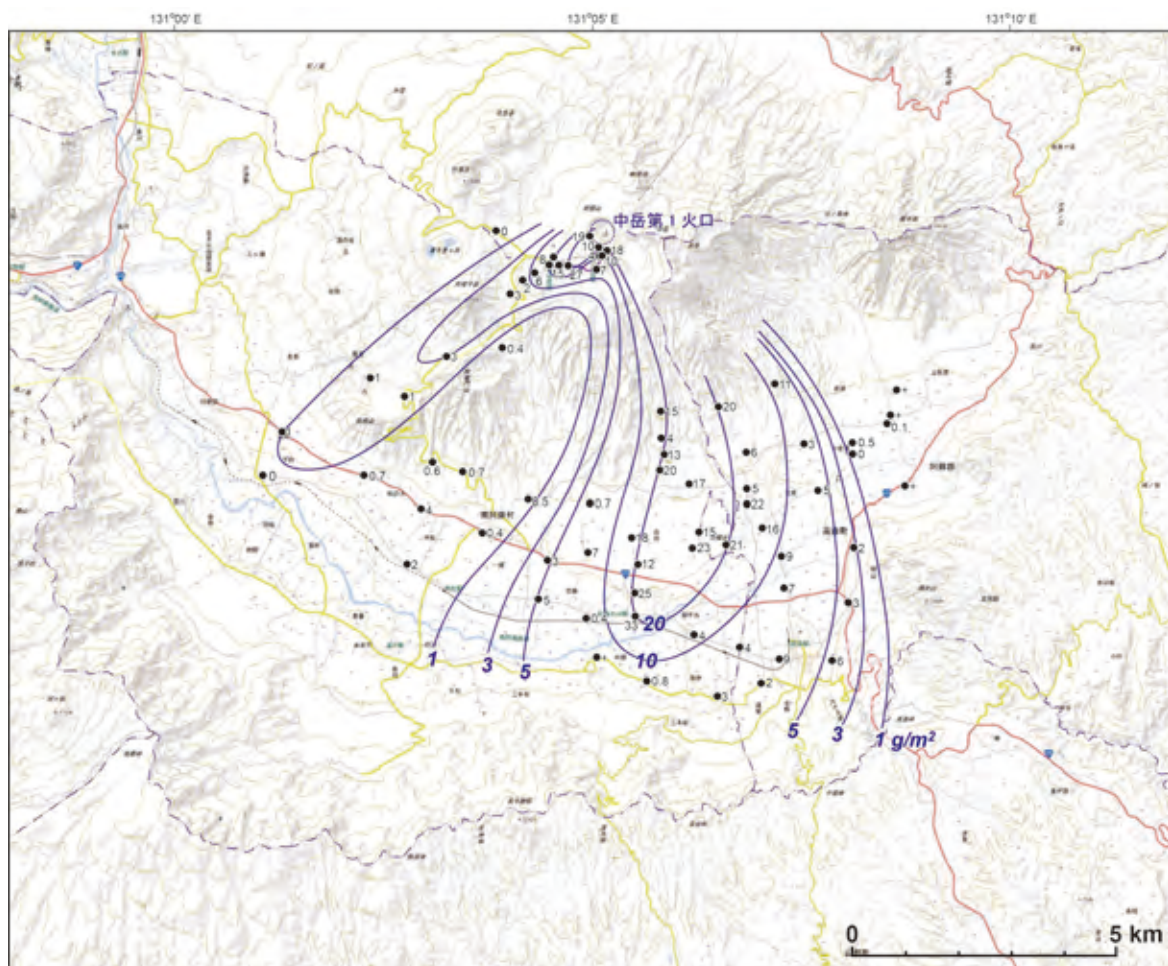


図7 3 阿蘇火山中岳における2019年5月3日～5日噴出物の分布(単位 g/m^2)。地理院地図レベル14を使用。

噴火のごく初期(5月3日15～18時頃)に噴出した火山灰と3日20時以降の火山灰は現地での産状が全く異なり、前者は全体的に灰色を呈し、0.25 mm以下の粒子を主体とする細粒火山灰で、径0.8 mm以下の大きさに凝集した粒子(火山豆石)が顕著に認められた。一方、後者は0.5 mm以下の粒子を主体としているが、シルトサイズ以下の細粒物質を欠く、さまざまな色調の粒子からなる火山灰であった(図7 4)。

採取した火山灰試料の偏光顕微鏡観察(0.125～0.25 mm画分)を行った結果、両火山灰ともに、8～9割程度はさまざまな程度に変質したガラス片や岩片からなることがわかつ

た。一方、今回の火山灰にはほとんど変質しておらず、新鮮に見えるガラス片も認められた（図75）。その割合は5月3日15～18時噴出の火山灰で2%、5月3日20時以降の火山灰で4%程度であった。こうした見かけ上新鮮なガラス片は、新しいマグマから供給された本質物質と考えられるが、詳細については今後詳しく検討する必要がある。

この活動以降もごく小規模な噴火が断続的に発生し、7月26日以降のマグマ噴火に向けて、新鮮なガラス片の割合が漸増していく傾向が認められ、マグマ噴火発生前から、ごく少量ながら本質物質の噴出が検出された。



図74 阿蘇火山中岳から2019年5月3日～5日に噴出した火山灰の産状。左写真は南阿蘇村白川付近で採取した火山灰（5月3日15～18時頃に噴出）、右写真は中岳第1火口南西0.9 kmで採取した火山灰（5月3日20時以降に堆積）。

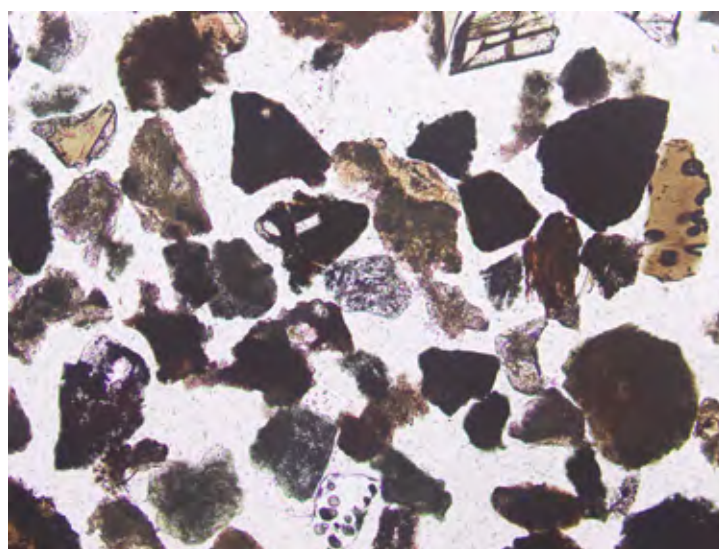


図75 2019年5月3日15～18時頃に噴出した火山灰（0.125～0.25 mm粒子）の偏光顕微鏡写真。

（2）阿蘇山における令和元年度トレンチ調査報告

阿蘇山の噴火履歴を明らかにするため、阿蘇火山中央火口丘群北斜面において、噴出物層序を観察するトレンチ調査を行うとともに、埋没土壌層や炭化物を採取して放射性炭素年代測定を実施した。

今回掘削を行った地点は、最近約1万年間の火山灰の主要噴出源である中岳の北東約2.7 km 地点に位置している。また、阿蘇火山では3,000~4,000年前に杵島岳や往生岳といった火山も噴火しており (Miyabuchi, 2009)、掘削地点はそれらの火山群にも近接していることから、噴出物が良好に保存されていると考えられた。

観察した断面は高さ4 m程度で、その上半分には灰色~褐色を呈する火山灰層のほか、赤褐色あるいは黒色の降下スコリア堆積物 (最大のものは厚さ45 cmに達する) が認められた (図76)。また、そうした火山灰層中には白色や黄色などを呈して、おそらく水蒸気噴火に伴うと推定される堆積物 (写真中の黄色矢印) も8層以上存在していた。一方、断面の下半分は灰色~暗灰色の砂層からなり、それは洪水や土石流による堆積物と考えられた。

観察断面の火山灰層中には何枚かの埋没土壤層のほか、炭化物が認められ、それらを採取して放射性炭素 (^{14}C) 年代測定を実施した。その層準と年代を図76の写真中に示している。得られた ^{14}C 年代を暦年較正すると、3,600~4,000年前となった。したがって、阿蘇火山では3,600~4,000年前頃の時期に断続的な灰噴火 (小野ほか, 1995) のほか、厚い降下スコリアをもたらす準プリニー式噴火、さらに水蒸気噴火などの火山活動が高頻度で発生していることが明らかとなった。噴出物層序の詳細と各層の給源火山については現在解析中である。

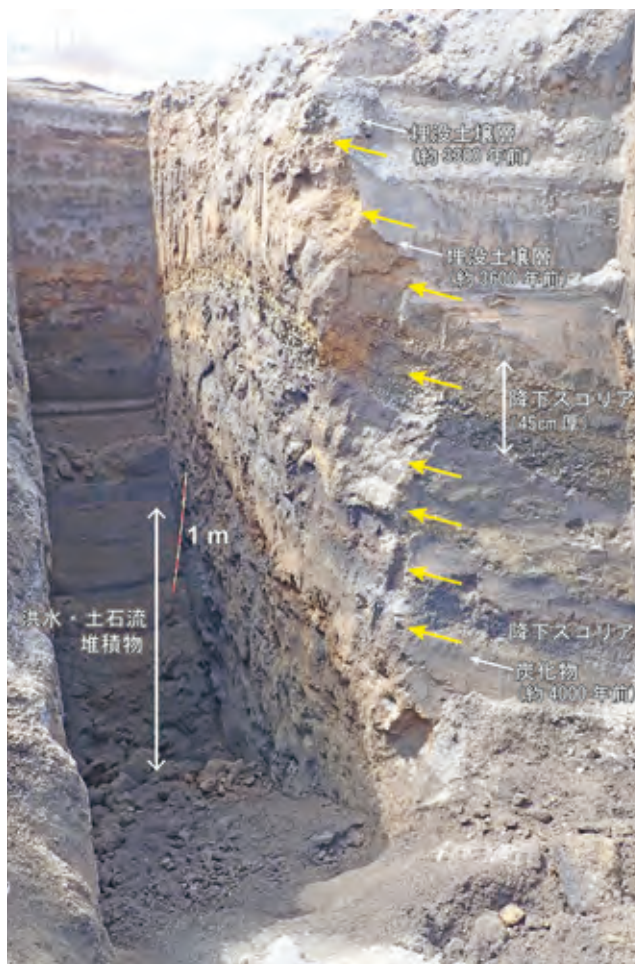


図76 阿蘇火山中央火口丘群中岳北斜面におけるトレンチ断面。

引用文献

- Miyabuchi, Y. (2009) A 90,000-year tephrostratigraphic framework of Aso Volcano, Japan. *Sedimentary Geology*, 220, 169-189.
- Miyabuchi, Y. and Hara, C. (2019) Temporal variations in discharge rate and component characteristics of tephra-fall deposits during the 2014-2015 eruption of Nakadake first crater, Aso Volcano, Japan. *Earth, Planets and Space*, 71, 44.
- Miyabuchi, Y., Iizuka, Y., Hara, C., Yokoo, A. and Ohkura, T. (2018) The September 14, 2015 phreatomagmatic eruption of Nakadake first crater, Aso Volcano,

Japan: Eruption sequence inferred from ballistic, pyroclastic density current and fallout deposits. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 351, 41-56.

小野晃司・渡辺一徳・星住英夫・高田英樹・池辺伸一郎（1995）阿蘇火山中岳の灰噴火とその噴出物. *火山*, 40, 133-151.

○鬼界：ボーリング掘削調査、野外調査および物質科学的解析に基づく噴火履歴・推移の解明（東京大学地震研究所・北海道大学）

南九州の鬼界火山において、長期的な噴火活動の履歴を明らかにするために、地質学的、物質科学的研究を進めている。とくに、7.3 kaに発生した超巨大噴火（鬼界アカホヤ噴火）とそれに至るまでのプロセスについて重点的に取り組んでいる。2018年度には、薩摩硫黄島西部の台地を構成する「長浜溶岩」の上面からボーリング掘削を行い、海底堆積物を含む全長306.6 mのコア試料を得た。流紋岩質の長浜溶岩は、鬼界アカホヤ噴火の一連の堆積物との層序関係から、この噴火の前駆的活動で噴出した可能性が従来の研究により指摘されていた。しかし、この溶岩は海面上に現れている部分だけでも最大100 m以上の厚さを有し、主要部は海水面下に存在するため、溶岩流の全体像、噴出様式や年代の詳細については不明であった。今年度は、長浜溶岩を含むボーリングコア試料の層序・構成物の記載、解析、化学分析、年代測定を進め、長浜溶岩の流動過程や噴出年代、先行する火山活動による堆積物や溶岩の特徴の解明を目指した。

コア試料の層相、岩相の解析の結果、柱状図（図77a）に示すように層序および構成物の特徴が明らかになった。地表から約11 mまでは鬼界アカホヤ噴火および以降の若いテフラからなるが、それ以深は長浜溶岩（塊状緻密で灰色石質流紋岩質溶岩）が深度約190 mまで続く。掘削地点での長浜溶岩の層厚は約180 mで、このうち下部130 mは現在の海水準より低い位置に存在する。深度149 m（溶岩流基底まで約40 m）以深では黒色ガラス質で所々スフェライトが晶出し、破碎部が主体となり、水冷を示唆する構造も存在する。溶岩流直下の深度190~230 mでは岩相が一変し、貝殻を含む粗粒砂質層が主体となり、部分的にテフラ層も挟在する。砂層は塊状で比較的淘汰が良く、火山碎屑物と生物起源碎屑物の混合物である（図78）。

長浜溶岩の直下及びより深部の海成砂層に含まれる多数の貝殻の¹⁴C年代測定を行なった結果、長浜溶岩直下（189.3~189.5 m）の7試料について、6,300~8,300 cal yBPの年代が得られた（図77b・77c）。すなわち、この溶岩を噴出した火山活動は、アカホヤ噴火とほぼ同時期、層序的には極めて近い直前の時期に起こったと考えられる。長浜溶岩直下の砂層約1 m程度は、深いほど古い年代を示すことから、砂層が時間をかけて累進的に堆積したと解釈できる。この頃の海水準は、縄文海進を考慮したとしても現在と大きくは変わらない。溶岩流はカルデラ壁付近で最も厚く、西側に向けて標高を減じていることから、現在のカルデラ内に相当する場所から噴出したと考えるのが自然である。これらのことから、長浜溶岩はアカホヤ噴火の前に、現在のカルデラ壁より内側の給源から西方へ流出し、

主に砂からなる浅海を流動し海を埋め立て現在の台地状地形を作り出したと考えられる。コア試料の溶岩の厚さを考慮し、現存する長浜溶岩の体積を推定したところ、0.5 km³程度であることがわかった。

長浜溶岩は、斑晶に乏しい両輝石流紋岩で、鉍物組み合わせはアカホヤ噴火と同じである。厚さ方向に数m-10 m毎に行った全岩化学組成分析では、SiO₂含有量~72 wt%で基本的に均質であるが、浅部の方がややFeO*/MgOに富むという特徴がある。また、長浜溶岩の他の陸上部分も含め、アカホヤ噴火と比較すると、FeO* (FeO*/MgO) やYなどの元素(比)で長浜溶岩の方が富み、アカホヤ噴火と明瞭な違いがある(図7 9)。斑晶コア組成についても、長浜溶岩において直方輝石がややFeに、斜長石がややNaに富み、両者で違いがある。このように岩石学的特徴は、長浜溶岩の方がアカホヤ噴火のマグマよりもやや分化していることを示し、長浜溶岩の浅部でこの特徴がより明瞭になる。

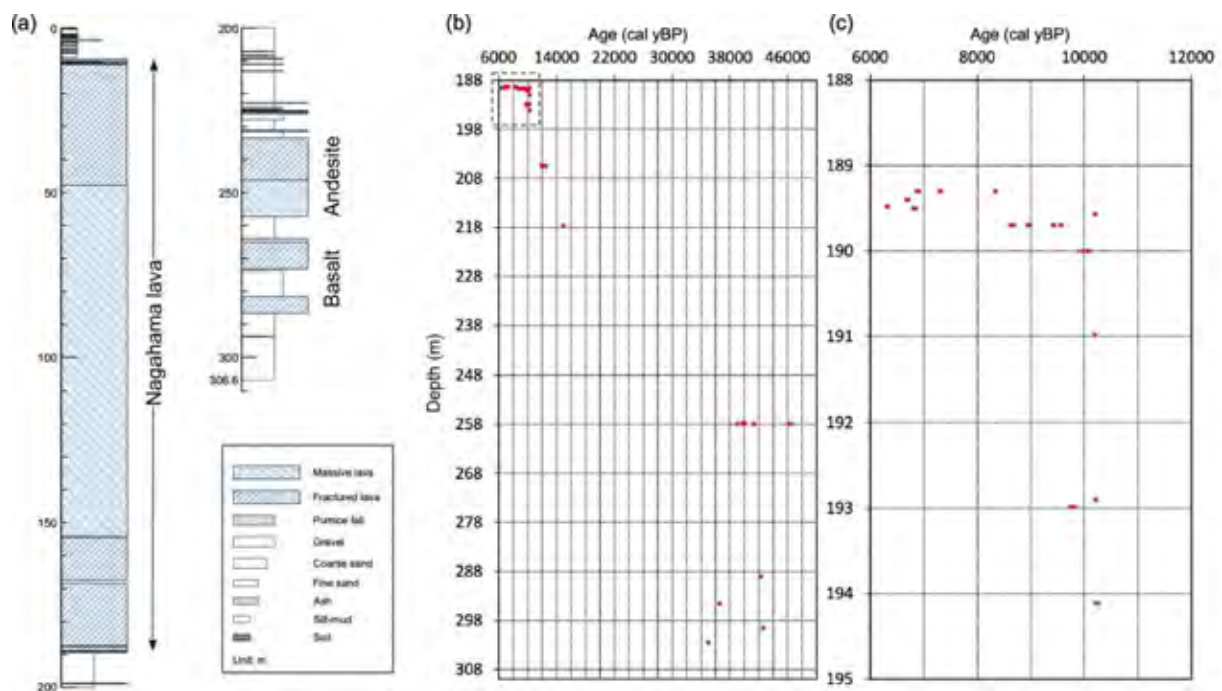


図7 7 鬼界カルデラ薩摩硫黄島西端におけるボーリングコア柱状図および堆積物の年代値。(a) 層序のまとめ。上位から順に、流理が発達した長浜溶岩、長浜溶岩下の貝殻を含む砂層および挟在するテフラ層、斜長石斑晶に富む高MgO安山岩溶岩および下位の玄武岩、最下位の砂層。(b) 長浜溶岩より深部の砂層に含まれる貝殻の¹⁴C年代(2σ値)。(c) 長浜溶岩下の砂層の¹⁴C年代(2σ値)の拡大。長浜溶岩直下約1 mはデータにばらつきがあるが、7.3 cal kaのアカホヤ噴火とほぼ同じ頃の年代を示す。AMS年代測定値は、OxCal v4.3.2 Bronk Ramsey (2017) にてMarine13 marine curve (Reimer et al 2013) を使用し、marine100%で校正している。

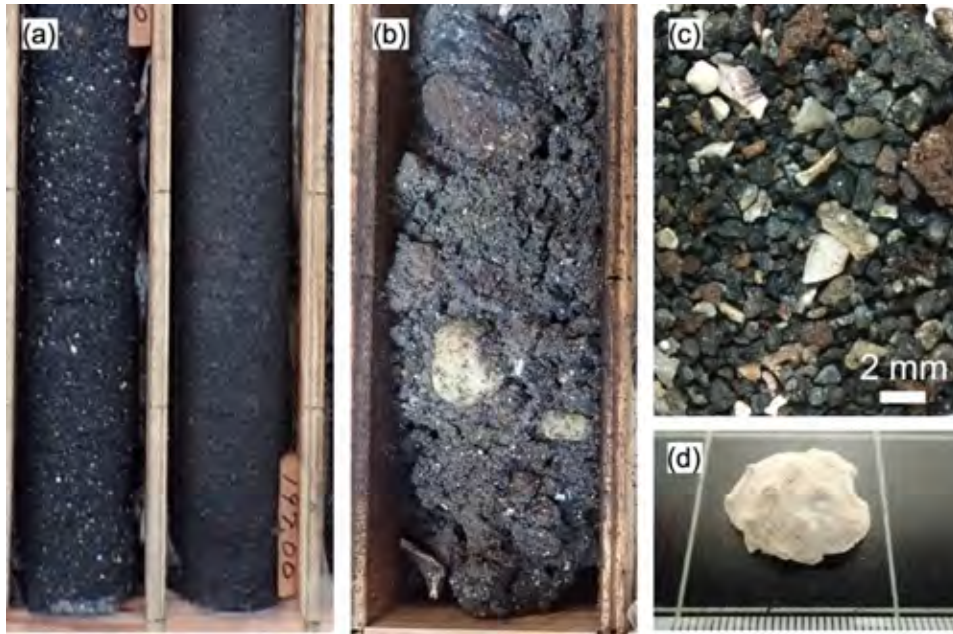


図 7 8 (a) 長浜溶岩の下位、深度 197 -198 m 付近の黒砂層。白い斑点は貝殻片。(b) 深度 193 m 付近の砂層。直径 2 cm 程度の貝殻を含む。(c) 深度 217.8 m の砂層を構成するスコリア、新鮮な溶岩片、変質岩片および貝殻片。(d) AMS 年代測定に用いた貝殻のうちの一つ。定規の目盛は 1 mm。

ボーリングコア深部の堆積物については、193 m でおおよそ 9,800~10,200 cal yBP、206 m でおおよそ 12,000~12,500 cal yBP、218 m でおおよそ 15,000 cal yBP の年代値が得られた (図 7 7 c)。長浜溶岩直下から深度 220 m までの堆積物には複数のテフラ層が挟在しており、15,000 年前頃からアカホヤ噴火に至るまでの火山活動やマグマの特徴の変遷について、今後の分析により詳しく明らかにできる可能性がある。

さらに深部では、234~257 m で安山岩、263~288 m では玄武岩が出現した (図 7 7 a)。玄武岩の上下に相当する 257~300 m の砂質堆積物では 35,000~46,000 cal yBP の年代値が得られたが (図 7 7 b)、この値の妥当性については検討の余地がある。安山岩は、斜長石斑晶に富み、全岩化学組成で高 MgO 値を示し、現在の地上に露出する鬼界カルデラ噴出物とは対比できない特徴を持つ (図 7 9)。ただしカルデラ壁付近で 2015-2016 年に別事業で実施したボーリング掘削では、類似の溶岩が深度 100 m 付近から採取されている。玄武岩についても、やや高い MgO、やや低い TiO₂ を示し、稲村岳など地上の噴出物とは異なる特徴を有する。高 Mg 安山岩と他の噴出物との関係はまだ明瞭ではないが、鬼界カルデラのマグマシステムの進化の理解において鍵となる可能性がある。ボーリング掘削の成果の概要については学会で発表を行った。

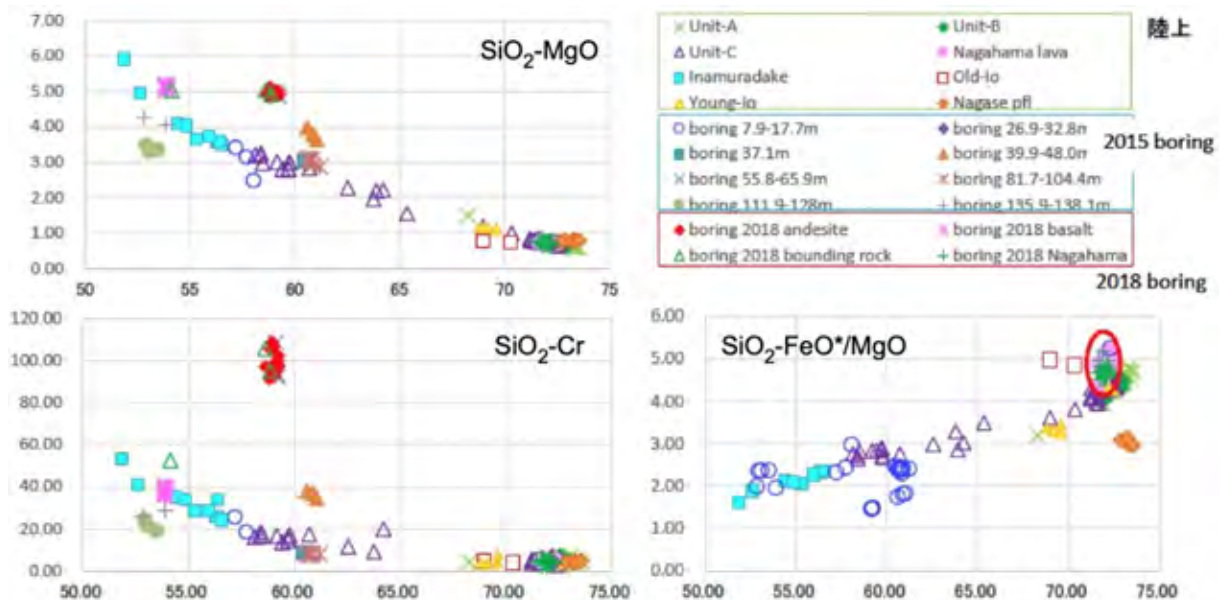


図 7-9 鬼界カルデラ全体における全岩化学組成の特徴。鬼界アカホヤ噴火 (Unit A-C) と長浜溶岩では、多くの元素で両者はほぼ一致するが、FeO*/MgO や Y など微量元素の特徴では明瞭な違いが認められる。深度 220 m 以深の安山岩は高い MgO や Cr で特徴付けられ、陸上に噴出している他の安山岩や玄武岩とは明瞭に異なる特徴を有する。

○最重点火山および重点火山の見直しと課題 C 連携研究の開始

以上をはじめとする 4 年間の成果を踏まえ、集中的に調査を実施する最重点火山・重点火山の見直しを行った (図 8-0)。最重点火山については、新たに雌阿寒岳・伊豆大島を選定した。雌阿寒岳については既に複数機関による連携研究を始めており、新たな噴出物を発見するなどの多くの成果が得られている。伊豆大島については、課題 C 全体のテーマとして連携研究に着手し (研究集会を開催：後述)、次年度以降に展開していく予定である。浅間山および鬼界については、十分な進捗があったので、今後は重点火山とし、成果のとりまとめを進める予定である。また、重点火山については、2018 年に噴出した草津白根山、これまでの調査により最近まで継続的に活動していることが判明したニセコ・秋田駒ヶ岳など、防災上重要な火山を新たに追加した。今後はこれら 26 火山を中心として噴火履歴調査およびマグマ変遷の解析を進めていくが、注視すべき火山の見落としがないように、他火山についても並行して調査を進める予定である。

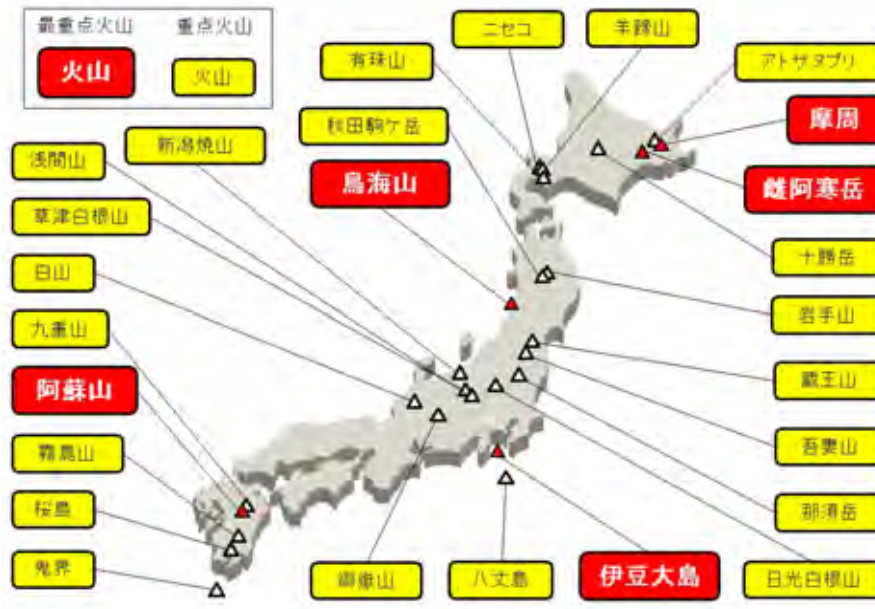


図 8 0 課題 C 2 における第 2 次最重点火山および重点火山。

2) 大規模噴火データベースの整備（産業技術総合研究所）

大規模噴火のより定量的な時間推移を明らかにするために、歴史記録が残る VEI=3 程度よりも大きな火砕噴火の推移を文献情報から取りまとめ、前年度までの結果と合わせて解析を行った。今年度は、噴火推移が文献記録から正確に把握できる国内外の歴史時代の噴火について 18 事例を集積し、統一的な基準に基づき噴火推移図を作成した（図 8 1・8 2）。

今年度で作成した噴火推移図は、噴火前後の長期的・短期的な推移を評価するため、対象とする噴火の前後 200 年、3 年、90 日および 7 日間の活動の推移図をそれぞれの噴火に対して作成した。活動推移図の作成に必要な時系列の噴火現象情報について、出版された論文を対象として文献調査を行い収集した。ただし、2010 年代の火山噴火では補完的情報としてスミソニアン博物館 Global Volcanism Project (GVP) のレポートを参照しているほか、調査対象の噴火前後 200 年間の噴火履歴は、それぞれ同 GVP (海外の火山) と気象庁有史以降の火山活動 (国内の火山) を参照している。

また本年度の研究では、噴火事象を定量的に評価し統一的基準で噴火推移図に図示するため、数値 -1 ~ 7 で表される火山活動強度指数 (Volcanic Unrest Classification (VUC)) を定義した。VUC は未噴火状態と噴火状態を同時に扱う定性的な指標であり、あくまで火山活動の相対的変動を図示するものである。

VUC	短い表現	典型的な現象例
-1	関係不明な特記事象	1960 年チリ地震 (Mw. 9. 5)
0	活動なし	目視で異常見つからず
1	ゆるやかな変状	地震活動が多めの状態

2	急激な変状	有感の群発地震の発生
3	弱い噴火	溶岩の噴出・灰噴火など
4	小さい噴火	桜島 1954 年以降の間欠的なブルカノ式噴火
5	やや大きな噴火	有珠山 1977 の散発的なサブプリニー式噴火
6	大きな噴火	Vesuvius 79AD プリニー式噴火の最盛期
7	巨大噴火	Novarupta からの VTTS 火砕流の噴出

ここで定義した VUC は、時刻スケールの噴火現象について記述した特定記録・データに与えられる火山活動レベルであり、VUC 1~2 は火山活動に関連する非噴火現象、VUC 3~5 は” Small to moderate eruptions” (Bonadonna et al., 2015)、VUC 6-7 は典型的なプリニー式噴火から大規模火砕流を噴出するような cataclysmic な噴火現象に対応する。火山活動に関連する現象がなかった/終了した場合は VUC 0 とし、火山活動との直接の関連はわからないが噴火推移等の理解に有用と考えられる現象については VUC -1 とした。噴火の有無と現象の定常・非定常性によって VUC 1~4 を判別する。また VUC 5~7 の識別は、主に噴煙高度を用いる。

調査対象とした噴火について、出版された文献情報に基づきその噴火推移をまとめた。論文が未発表な 2010 年以降の一部の噴火では、スミソニアン博物館 Global Volcanism Program (GVP) の Bulletin Reports を参照し補足した。文中に登場する Volcanic Explosivity Index (VEI) の数値は同 GVP の Volcanoes of the World (VotW) データベースによる。長期では火山のテクトニクス背景や、火山全体の特徴、対象とする噴火に 1 年以上先立つ現象などに言及している。短期では対象の噴火の直前（およそ 1 年以内）現象について述べている。噴火概要では噴火開始から噴火終息までの経緯、噴出物の特徴や体積についてとりまとめた。

調査対象とした噴火のうち、大規模噴火の発生以前に、数 10 年おき以下の頻度で継続的な活動がみられた事例として、Calbuco 2015、Puyehue-Cordón Caulle 2011、Usu 1977、Augustin、Colima が挙げられる。一方、大規模な火砕噴火に至るまで数 100 年以上にわたって顕著な前兆活動がみられない事例として、Chaiten 2008、Pinatubo 1991、El Chicho 1982、Novarupta 1912、Krakatau 1883、Fuji 1707 などが挙げられる。特に、19 世紀以降の VEI>6 の大規模噴火は今回の事例研究では取り上げなかった Tambora 1815 年噴火も含めて、すべて顕著な前兆現象がなく、短期間（数か月）の不安定化ののちに大規模な火砕噴火に移行したことが明らかになった。

さらに、1 年以内の活発化ののち大規模噴火に移行した事例としては、Asama 1783、Askja 1875、Krakatau 1883、Cerro Azul 1932、Augustine、Pinatubo 1991、Puyehue-Cordón Caulle 2011 などが挙げられる。一方、数日程度の異常前兆現象のあと、すみやかに大規模火砕噴火に移行した事例は、Vesuvius 79、Fuji 1707、Novarupta 1912、Colima 1913、Sakurajima 1914、Agung 1963、Usu 1977、El Chichon 1982、Chaiten 2008、Calbuco 2015 などがあげられる。

大規模火砕噴火の発生に至る過程はさまざまであるが、噴火活動が不活発な休眠状態の火山が急激に活発化し、数か月以内、場合によっては数日で大規模なプリニー式噴火を発生させる事例が過半数を占めることが明らかになったことは、防災上重要な知見である。



図 8 1 Calbuco2015年噴火の噴火推移図。

上から、噴火開始前後7日間、90日間、3年間および200年間。200年間の噴火推移図の右半分（灰色部）は2020年以降となるため表示できない。短期間の噴火前兆現象は極めて乏しいが、長期間で見ると小規模な活動が数10年おきに続いていたことがわかる。

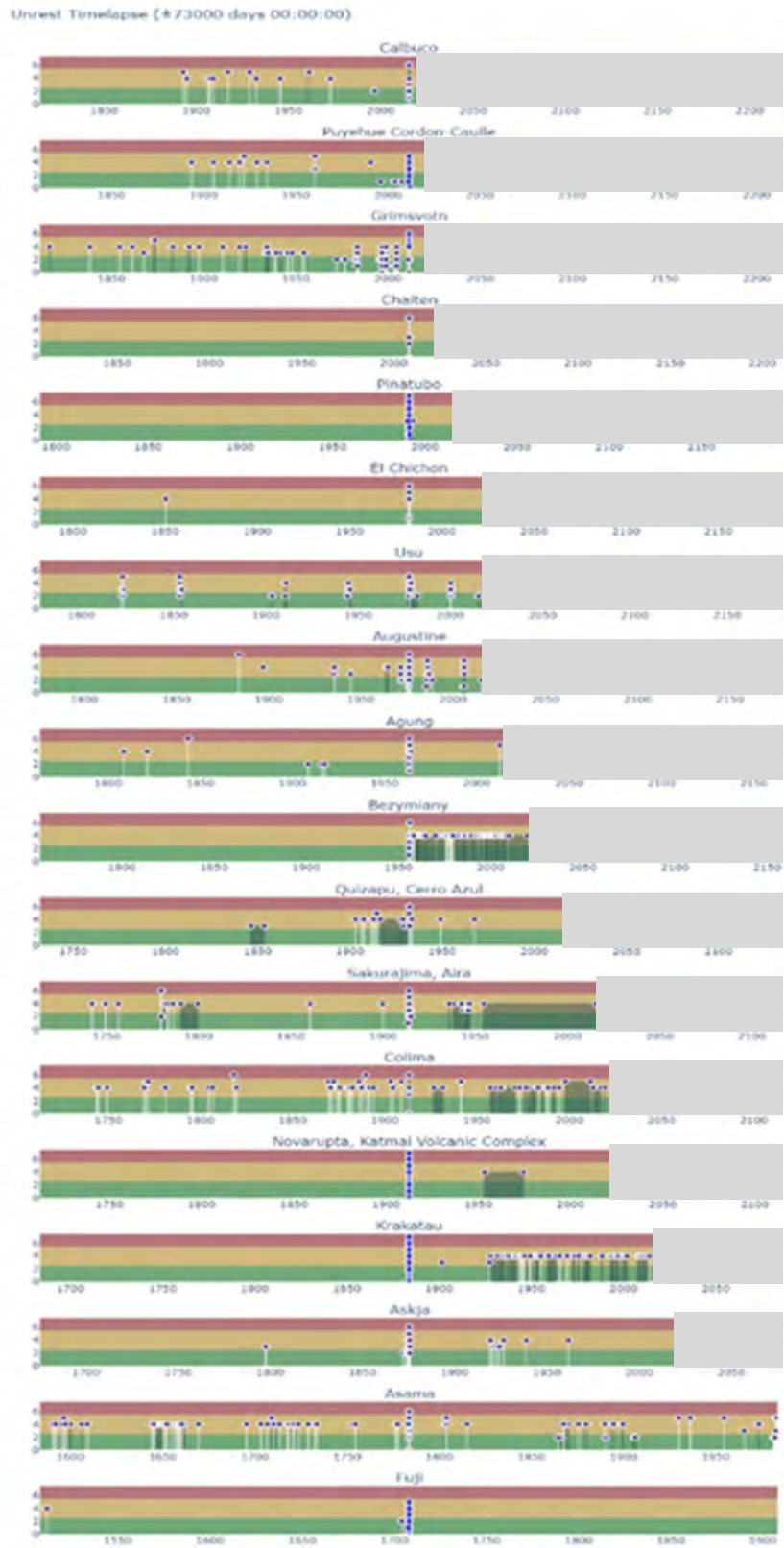


図 8 2 今回収録した噴火の前後200年間の活動推移一覧。

噴火前から比較的活動のみられる噴火と、事前に目立った活動がなく突然開始する事例がみられる。発生後の推移についても、短期間で終了する事例と噴火が継続する事例がみられる。灰色部は2020年以降（未来）。

引用文献

Bonadonna, C., M. Pistolesi, R. Cioni, W. Degruyter, M. Elissondo and V. Baumann (2015) Dynamics of wind-affected volcanic plumes: the example of the 2011 Cordón Caulle eruption, Chile. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, doi: 10.1002/2014JB011478.

3) マグマ変遷解析センターの整備と分析技術開発（北海道大学）

平成31年度（令和元年度）は微量元素分析の高速・高精度化のために、誘導結合プラズマ質量分析装置を「マグマ変遷解析センター」へ新たに導入した。また、昨年度に引き続き、電子顕微鏡での分析精度の向上や、全真空型フーリエ変換赤外分光光度計顕微システムを用いた超低濃度揮発性成分の分析法を発展させた。また、参加機関の研究者・大学院生の利用受入れを継続し、本年度は1機関計15名の利用があった。以下、本年度新たに導入した誘導結合プラズマ質量分析装置の概要について述べる。

○誘導結合プラズマ質量分析装置の導入

マグマ変遷解析センターでは、火山岩試料の微量元素濃度を測定する誘導結合プラズマ質量分析計（ICP-MS）について、従来の Thermo Fisher Scientific 社の X-series から同社の iCAP RQ への更新を令和元年12月に行った（図83）。



図83 マグマ変遷解析センターに設置された ICP-MS (iCAP RQ)。

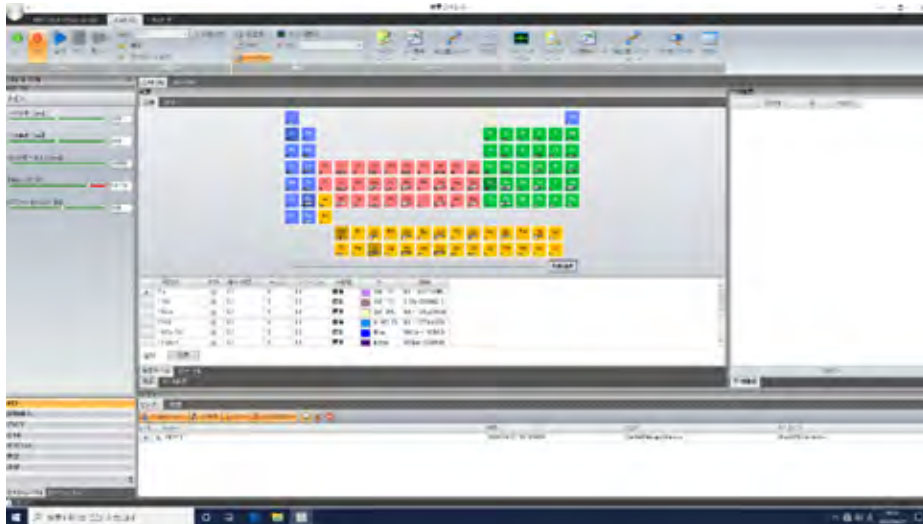


図 8 4 装置のオペレーション画面。従来のものより操作性が向上している。

装置の設置後、種々のセットアップや試運転を行い、令和 2 年 2 月から本格的に稼働を開始した。本装置はチューニングがほぼ自動化され（図 8 4）、分析結果の解析が容易であるなど、操作性が向上している。また図 8 5 に 10 回の繰り返し測定の結果を示すが、従来の X-series と比較してシグナルが安定しており、また感度が大幅に向上（約 5 倍）していることが確認された。その一方で、従来の装置と比較して試料溶液の移動時間が長いため、測定時間が長い（より多くのアルゴン消費する）という問題点が明らかとなった（約 7 分/試料）。この点については、令和 2 年度にオプションの試料導入装置を追加導入することで解決する予定である。また令和 2 年度には、HFS 元素の濃度を高精度で測定する手法を新たに導入し、酸分解法による微量元素濃度測定について、HFS 元素とそれ以外の元素を別ルーチンに分けて、それぞれを高精度で分析する方法に改良する計画である。

No	日付/時刻	タイプ	110d	110e	110f	205T1	205T2	205T3	205U
1	2020/04/20 18:21:59	BS	31	33	42	288	108	15	14
2	2020/04/20 18:28:49	In-TI STD	37	38,614	640,626	260,795	640,350	101	45
3	2020/04/20 18:35:42	JD-3-3	1,985	626,491	59,197	656,159	27,187	202,559	110,349
1			2,002.2	633,747.2	56,983.6	644,340.0	26,468.0	277,566.3	108,484.2
2			1,979.2	629,491.9	59,119.6	655,776.8	27,291.8	282,955.8	108,907.5
3			1,982.2	626,355.0	58,184.3	659,980.6	27,460.2	278,442.5	108,927.7
4			2,041.9	640,670.6	59,148.6	655,497.9	27,152.5	284,294.8	111,060.4
5			1,941.2	629,440.9	59,489.4	656,959.2	27,664.6	282,807.6	110,706.5
6			1,971.2	633,603.9	58,926.8	657,641.8	27,361.9	281,390.1	110,048.9
7			2,065.2	635,285.9	59,469.2	655,752.1	26,941.0	283,296.9	109,760.2
8			2,036.2	638,637.7	59,096.4	655,776.8	27,325.9	285,246.7	110,788.0
9			1,975.2	632,859.3	59,210.0	653,631.7	27,091.4	283,713.2	110,886.3
10			1,940.1	636,239.2	59,764.9	656,314.6	27,114.4	284,954.6	112,129.9
		平均	1,994.6	626,491.1	59,137.0	656,159.4	27,187.2	282,557.0	110,349.4
		RSD (%)	3.1	0.4	0.4	0.9	1.2	0.5	0.8
		SD	61.9	2,712.4	220.4	6,589.2	326.0	2,493.3	915.4

図 8 5 繰り返し測定（10 サイクル）の例。

- 4) ボーリングコア試料の保管・管理システムの構築（防災科学技術研究所・北海道大学）
本課題の研究手法の 1 つであるボーリング掘削調査のために、国立研究開発法人防災科

学技術研究所（協力機関）とともに、ボーリングコア試料の保管・管理システムの構築準備を引き続き実施した。令和元年度には防災科学技術研究所にコア収納庫の設置が認められ、令和2年度に完成する。完成後、各機関で管理しているコア試料を防災科学技術研究所に集約する予定である。

(c) 結論ならびに今後の課題

本年度、各参加機関および協力機関は、それぞれの研究課題について精力的に研究を行い、上記のとおり多くの成果を得ることができた。全体として予想どおりに、順調に研究が遂行していると考えられる。次年度以降も、まずは個々の機関の研究成果の積み重ねが必要であるが、対象火山が多く現状の研究体制ではそれぞれの火山で十分な成果を得ることは容易ではない。協力機関の追加や基礎的地質調査の外注などの検討に加えて、重点火山の見直しを行うことでの研究の集中が重要であろう。さらに人材育成コンソーシアムと連携し、地質・物質科学の博士課程大学院生を育て、RAとして本サブ課題に参画させることも重要である。それに加え、今後はC-2課題内での協力体制を更に強化し、参加機関および協力機関で、サブ課題全体の研究成果と今後の研究の方向性を共有することが重要である。そのために令和元年度からはC-2課題のHPを立ち上げた。それに加えて、サブ課題C-1とC-3との連携も本格化させ、課題C全体の2日間の研究集会を実施した。今後は研究集会を活発化させ、課題C全体の連携をさらに進展させることが必要となると考えている。

(d) 引用文献

なし（各成果で記述）

(e) 成果の論文発表・口頭発表等

著者	題名	発表先	発表年月日
Gu, X.-Y., Wang, P.-Y., Kuritani, T., Hanski, E., Xia, Q.-K. and Wang, Q.-Y.	Low water content in the mantle source of the Hainan plume as a factor inhibiting the formation of a large igneous province	Earth and Planetary Science Letters, 515, 221-230	2019年4月3日
伴雅雄・及川輝樹・山崎誠子・後藤章夫・山本希・三浦哲	近代的噴火観測事例のない火山での噴火推移予測：蔵王火山の	火山, 64, 131-138	2019年4月3日

	例		
Miyabuchi, Y. and Hara, C.	Temporal variations in discharge rate and component characteristics of tephra-fall deposits during the 2014-2015 eruption of Nakadake first crater, Aso Volcano, Japan	Earth, Planets and Space, 71, 44	2019年4月15日
Kuritani, T., Xia, Q.-K., Kimura, J.-I., Liu, J., Shimizu, K., Ushikubo, T., Zhao, D., Nakagawa, M. and Yoshimura, S.	Buoyant hydrous mantle plume from the mantle transition zone	Scientific Reports, 9, 6549, doi:10.1038/s41598-019-43103-y	2019年4月25日
Kaneko, T., Maeno, F. and Yasuda, A.	Observation of the eruption sequence and formation process of a temporary lava lake during the June - August 2015 Mt. Raung eruption, Indonesia, using high-resolution and high-frequency satellite image datasets	J. Volcanol. Geotherm. Res., 377, 17-32	2019年6月1日
Albert, P.G., Smith, V.C., Suzuki, T., McLean, D., Tomlinson, E.L., Miyabuchi, Y., Kitaba, I., Mark, D.F., Moriwaki, H., SG06 Project Members and Nakagawa, T.	Geochemical characterisation of the Late Quaternary widespread Japanese tephrostratigraphic markers and correlations to the Lake Suigetsu sedimentary archive	Quaternary Geochronology, 52, 103-131	2019年6月1日

	(SG06 core)		
田島靖久・中田節也・長井雅史・前野深・渡邊篤志	霧島火山群, えびの高原硫黄山の 2018 年 4 月の小噴火	火山, 64, 147-151	2019 年 6 月 30 日
前野深	アナク・クラカタウ島でおきた山体崩壊と津波 (特集 崩れる火山 過去に学び次に備える)	地理, 64, 14-21	2019 年 7 月 1 日
Imura, T., Minami, Y., Ohba, T., Matsumoto, A., Ambas, A. and Nakagawa, M.	Hydrothermal Aluminum-Phosphate-Sulfates in ash from the 2014 Hydrothermal eruption at Ontake Volcano, Central Honshu, Japan	Minerals, 9, 462, doi.org/10.3390/min9080462	2019 年 7 月 29 日
Nakagawa, M., Matsumoto, A., Kobayashi, K. and Wada, K.	Comparative petrological studies of 1962 and 1988-1989 eruptions of Tokachidake Volcano, Japan: a case study for understanding the relationship between eruption style and magma processes	J. Disaster Res., 14, 766-779, doi: 10.20965/jdr.2019.p0766	2019 年 8 月 1 日
Angkasa S. S., Ohba, T., Imura, T., Setiawan, I. and Rosana, M. F.	Tephra-stratigraphy and Ash Componentry Studies of Proximal Volcanic Products at Mount Tangkuban Parahu, Indonesia: An Insight to Holocene Volcanic Activity	Indonesian Journal on Geoscience	2019 年 8 月 1 日
Miura, D., Furukawa,	Late Pleistocene -	J. Disaster Res.,	2019 年 8 月 1 日

R, and Arai, K.	Holocene Volcaniclastic Ejecta Along the Southern Apron of the Esan Volcanic Complex, Japan	14, 755-765	
Minami, Y., Ohba, T., Hayashi, S., Saito- Kokubu, Y. and Kataoka, K.	Lahar record during the last 2500 years, Chokai Volcano, northeast Japan: Flow behavior, sourced volcanic activity, and hazard implications	J. Volcanol. Geotherm. Res., 387, 106661	2019年8月14日
檜垣大助, 李学強, 林 郁真, 鄒青穎, 木村 誇, 林信太郎, 佐藤 剛, 後藤聡	阿蘇火山の降下テフ ラ被覆斜面における 豪雨による斜面崩壊 の発生場の地形条件	日本地すべり学会 誌	2019年8月20日
木村誇, 後藤聡, 佐藤 剛, 若井明彦, 林信太 郎, 檜垣大助	テフラ層厚分布を考 慮した斜面安定解析 による崩壊危険地の 抽出 : -阿蘇カルデ ラ北東部地域におけ る検討事例-	日本地すべり学会 誌	2019年8月20日
Kuritani, T., Kanai, C., Yamashita, S. and Nakagawa, M.	Magma generation conditions at the Akita-Komagatake volcano, Northeast Japan arc: implications of across-arc variations in mantle melting parameters	Lithos, 348-349, 105197, doi:10.1016/j.lit hos.2019.105197	2019年9月4日
Uno, K., Furukawa, K., Nakai, K., Kamio, T. and Kanamaru, T.	Deformation of rhyolite lava crust associated with intermittent inner flow of lava: palaeomagnetic	Geophysical Journal International, 220, 1, 190-200	2019年9月30日

	evidence		
伊藤順一	岩手火山，一本木原岩層なだれ堆積物の14Cウィグルマッピング年代と崩壊堆積物の特徴：活火山における小規模な表層崩壊堆積物	火山，64，153-167	2019年9月30日
Amma-Miyasaka M., Miura, D., Nakagawa, M., Uesawa, S. and Furukawa, R.	Stratigraphy and chronology of silicic tephra in the Shikotsu-Toya volcanic field, Japan: Evidence of a Late Pleistocene ignimbrite flare-up in southwestern Hokkaido	Quaternary International, doi.org/10.1016/j.quaint.2018.11.019	2019年11月11日
Kaneko, T., Maeno, F., Yasuda, A., Takeo, M. and Takasaki, K.	The 2017 Nishinoshima eruption: combined analysis using Himawari-8 and multiple high-resolution satellite images	Earth Planets Space, 71, 140	2019年12月19日
高橋唯・荒川洋二・中村有吾・新村太郎	室戸ユネスコ世界ジオパークのジオサイトにおける室戸半島層群佐喜浜メランジュ中に含まれる塩基性火成岩類について	熊本学園論文集【総合科学】2019年、25巻、p 41-49	2019年12月20日
Taniuchi, H., Kuritani, T. and Nakagawa, M.	Generation of calc-alkaline andesite magma through crustal melting induced by emplacement of mantle-derived	Lithos, 254-255, 105362, doi:10.1016/j.lithos.2019.105362	2019年12月31日

	water-rich primary magma: evidence from Rishiri Volcano, southern Kuril Arc		
Toyomaki, H., Yabe, J., Nakayama, S. T., Yohannes, Y. B., Muzandu, K., Liazambi, A., Ikenaka, Y., Kuritani, T., Nakagawa, M. and Ishizuka, M.	Factors associated with lead (Pb) exposure on dogs around a Pb mining area, Kabwe, Zambia	Chemosphere, 247, 125884, doi:10.1016/j.chemosphere.2020.125884	2020年1月13日
Miyabuchi, Y. and Sugiyama, S.	Vegetation history after the late period of the Last Glacial Age based on phytolith records in Nangodani Valley basin, southern part of the Aso caldera, Japan	Journal of Quaternary Science, 35, 304-315	2020年1月29日
草野有紀・石塚吉浩	トレンチ調査に基づく日光白根火山 1400 年間の噴火履歴	地質調査研究報告, 71, 1-18	2020年2月28日
亀谷伸子・石崎泰男・勝岡菜々子・吉本充宏・寺田暁彦	草津白根火山, 白根火砕丘群, 弓池マールおよび逢ノ峰火砕丘の岩石学的特徴	地質学雑誌, 126, 157-165	2020年3月1日
前野深・吉本充宏	西之島の噴火による地形・地質・噴出物の特徴とその変化	小笠原研究, 46, 37-51	2020年3月1日
高橋正樹・安井真也・金丸龍夫	浅間前掛火山高分解能テフラ層序学のための降下テフラ・トレンチ掘削プロジェクト 2016~2018 年度成果報告 —地質記載・14C 年代・軽石全岩化	日本大学文理学部自然科学研究所研究紀要 55, 93-153	2020年3月5日

	学組成一		
[取材対応者] 石崎泰男	[マスコミ報道] 「弥陀ヶ原火山に導入される噴火警戒レベルについて」の取材 放映	チューリップ TV	2019年5月29日 放映
[取材対応者] 及川輝樹	[マスコミ報道] 「“正しく恐れる”火山学者の思い」御嶽山 2014年噴火とその後の調査についての取材	NHK ニュース お はよう日本	2019年9月24日 放映
[取材対応者] 安井真也	[マスコミ報道] NHK ブラタモリ「浅間山～江戸時代の大噴火！衝撃の1日に何が あった？～」	NHK	2019年10月5日 放映
[取材対応者] 中川光弘	[マスコミ報道] 有珠山の研究成果紹介 洞爺湖町で火山 勉強会 大学教授ら4 氏講演	室蘭民報社	2019年10月30日 掲載
[取材対応者] 中川光弘	[マスコミ報道] 有珠山、1万5000年間 眠っていた 江戸時代 に「覚醒」ドーム形成 北海道	毎日新聞	2019年12月19日 掲載
[取材対応者] 前野深	[マスコミ報道] タール火山噴火につ いてのコメント	共同通信グループ NNA	2020年1月27日 放映
[取材対応者] 伴雅雄	[マスコミ報道] 今ここにある災害 火山災害 取材・放映	テレビユー山形	2020年2月5日 放映
[取材対応者] 伴雅雄	[マスコミ報道] 「山形県の災害リス ク」県内の火山動向を 注視 取材・報道	山形新聞	2020年3月11日 掲載
[取材対応者] 山岡耕春・及川輝樹	[マスコミ報道] 御嶽山・噴火の実態	長野県御嶽山噴火 災害対応記録集	2020年3月31日 掲載

[取材対応者] 林信太郎	[マスコミ報道] さきがけ子供新聞 地球の不思議	秋田さきがけ新聞	2019年毎月第4日 曜放映
上野健太・中川光弘	北海道東部，摩周火山の1000年前のMa-b噴火の火山地質学的研究：特に噴火様式の変化について（ポスター発表）	日本地球惑星科学連合2019年大会，千葉	2019年5月26日 国内
石毛康介・中川光弘	北海道東部，雌阿寒岳，1.4万年前の中マチネシリ噴火の噴火推移とマグマ供給系の変遷（口頭発表）	日本地球惑星科学連合2019年大会，千葉	2019年5月26日 国内
田次将太・中川光弘	南西北海道，第四紀狩場火山群の地質学・岩石学的研究：山体形成史とマグマ変遷の解明（ポスター発表）	日本地球惑星科学連合2019年大会，千葉	2019年5月26日 国内
佐藤鋭一・和田恵治・南裕介・石塚吉浩・中川光弘・足立佳子	トレンチ調査による雌阿寒岳の噴火史の再検討（ポスター発表）	日本地球惑星科学連合2019年大会，千葉	2019年5月26日 国内
南裕介・中川光弘・佐藤鋭一・和田恵治・石塚吉浩・足立佳子	掘削調査からみた雌阿寒岳ポンマチネシリにおける過去1000年間の火山活動史（ポスター発表）	日本地球惑星科学連合2019年大会，千葉	2019年5月26日 国内
神尾匠真・古川邦之・金丸龍夫・宇野康司	キュリー温度以下における流紋岩溶岩の変形：神津島砂糠山溶岩（口頭発表）	JpGU-AGU Joint Meeting 2019, Chiba	2019年5月26日 国内
高橋正樹・安井真也・金丸龍夫	Evolution of magmatic chemistry for the Asama-Maekake volcano since 10ka revealed by whole-rock chemical analysis of	JpGU-AGU Joint Meeting 2019, Chiba	2019年5月26日 国内

	pumice obtained by the trenching of air-fall tephra deposits (口頭発表)		
南裕介・中川光弘・佐藤鋭一・和田恵治・石塚吉浩・足立佳子	掘削調査からみた雌阿寒岳ポンマチネシリにおける過去 1000 年間の火山活動史 (ポスター発表)	日本地球惑星科学連合 2019 年大会	2019 年 5 月 26 日 国内
佐藤鋭一・和田恵治・南裕介・石塚吉浩・中川光弘・足立佳子	トレンチ調査による雌阿寒岳の噴火史の再検討 (ポスター発表)	日本地球惑星科学連合 2019 年大会	2019 年 5 月 26 日 国内
及川輝樹・吉本充宏ほか	御嶽山 2014 年噴火による投出岩塊の分布 (ポスター発表)	日本地球惑星科学連合 2019 年大会	2019 年 5 月 26 日 国内
佐藤初洋・伴雅雄	蔵王火山, 五色岳火砕岩類上部における噴火準備過程 (ポスター発表)	日本地球惑星科学連合 2019 年大会	2019 年 5 月 26 日 国内
和田恵治・佐藤鋭一・佐野恭平・岡田侑也	摩周火山, 過去 14000 年間にけるマグマ供給系の変遷 (ポスター発表)	日本地球惑星科学連合 2019 年大会	2019 年 5 月 26 日 国内
金田泰明・長谷川健	北海道南西部, 濁川火山のカルデラ形成期噴出物の岩石学的特徴 (ポスター発表)	日本地球惑星科学連合 2019 年大会, 千葉	2019 年 5 月 26 日 国内
渡部将太・長谷川健	那須火山群, 二岐火山の地質と岩石 (ポスター発表)	日本地球惑星科学連合 2019 年大会, 千葉	2019 年 5 月 26 日 国内
柴田翔平・長谷川健	北海道東部, 摩周火山における 7.6ka カルデラ形成噴火の推移 (ポスター発表)	日本地球惑星科学連合 2019 年大会, 千葉	2019 年 5 月 26 日 国内
Nche, L. A., Hasegawa, T., Kobayashi, T., Nemeth K. and Aka, F. T.	Geologic and petrologic study of the Kamo monogenetic volcanic field,	日本地球惑星科学連合 2019 年大会, 千葉	2019 年 5 月 26 日 国内

	Southern Kyushu, Japan (ポスター発表)		
田村智弥・中川光弘	ピナツボ火山 1991 年噴火の岩石学的研究～マグマ供給モデルの検討～ (口頭発表)	日本地球惑星科学連合 2019 年大会, 千葉	2019 年 5 月 27 日 国内
安井真也・高橋正樹・金丸龍夫	浅間黒斑火山の火車岩屑なだれ堆積物の再発見 (口頭発表)	日本地球惑星科学連合 2019 年大会, 千葉	2019 年 5 月 27 日 国内
前野深	隔絶された火山島, 西之島の成長と進化 (口頭発表)	日本地球惑星科学連合 2019 年大会, 千葉	2019 年 5 月 27 日 国内
Arakawa, Y., Endo, D., Oshika, J., Shinmura and T., Ikehata, K.	A series of cumingtonite-bearing rhyolites in Niijima, Izu-Bonin arc, Japan: petrological and geochemical constraints (口頭発表)	JpGU-AGU Joint Meeting 2019, Chiba	2019 年 5 月 28 日 国際
谷内元・栗谷豪・横山哲也・中村栄三・中川光弘	Hydrous felsic magma generated by unmixing of slab-derived supercritical liquid: evidence from Rishiri Volcano, Kuril Arc (口頭発表)	JpGU-AGU Joint Meeting 2019, Chiba	2019 年 5 月 28 日 国際
前野深・金子隆之	アナク・クラカタウ火山 2018 年 12 月 22 日火山体崩壊・津波イベントの推移 (口頭発表)	日本地球惑星科学連合 2019 年大会, 千葉	2019 年 5 月 28 日 国内
前野深	火山噴出物の解析にもとづく噴火物理パラメータの推定 - 噴火ダイナミクスの理	日本地球惑星科学連合 2019 年大会, 千葉	2019 年 5 月 29 日 国内

	解進展に向けて- (口頭発表)		
Yoshimura, S., Matsumoto, A. and Nakawaga, M.	Mechanism of volatile transport from mafic to silicic magmas upon mixing (口頭発表)	JpGU-AGU Joint Meeting 2019, Chiba	2019年5月30日 国際
Ikenaga, Y., Maeno, F. and Yasuda, A.	Time-series variation in the textures of ejecta of the An'ei eruption, Izu-Oshima (ポスター発表)	JpGU-AGU Joint Meeting 2019, Chiba	2019年5月30日 国際
Ohashi, M., Ichihara, M., Maeno, F., Kennedy, B. and Gravley, D.	The textural analysis of pumice from the Plinian eruption of Taupo volcano: implications for tube pumice (ポスター発表)	JpGU-AGU Joint Meeting 2019, Chiba	2019年5月30日 国際
三浦大助・古川竜太・荒井健一	恵山火山南麓の後期更新世-完新世テフラ堆積物:トレンチ調査結果報告 (口頭発表)	日本地球惑星科学連合 2019年大会, 千葉	2019年5月30日 国内
Yoshimura, S.	Chlorine mapping analysis as a new tool to explore degassing processes of volatile rich silicic magma (口頭発表)	JSPS Japanese-German graduate externship International Workshop on "Volatile Cycles"	2019年6月1日 国際
Tsunematsu, K., Maeno, F. and Nishimura, K.	Application of the Pyroclastic Flow Friction Model to Snow Avalanches (口頭発表)	IUGG General Assembly 2019, Montreal, Canada	2019年7月13日 国際

Takebe, M., Nishi, Y. and Ban, M.	Evolution of the Magma Feeding System of the Komakusadaira Pyroclastics in Zao Volcano, Northeast Japan Arc (口頭発表)	27th IUGG General Assembly, Montreal Canada	2019年7月15日 国際
吉村俊平	塩素を利用した火山噴火メカニズムの研究 (口頭発表)	日本鉱物科学会 2019年年会, 福岡	2019年9月21日 国内
大場司, 星出隆志, 井村匠, ナツァグドルジ ムンフエルデネ	中央モンゴルハンガイ山地ハルグイットーウストルゴイ火山のアルカリ岩台地状溶岩の地質と岩石 (口頭発表)	日本鉱物科学会 2019年年会, 福岡	2019年9月21日 国内
足立勝美・柵山徹也・石井輝秋・栗谷豪・中川光弘	清風海山玄武岩の岩石学的・地球化学的特徴 (ポスター発表)	日本火山学会 2019年秋季大会, 神戸	2019年9月25日 国内
松本亜希子・中川光弘・前野深・長谷川健	大規模珪長質噴火の先行活動ー鬼界7.3ka噴火および屈斜路120ka噴火の例ー (ポスター発表)	日本火山学会 2019年秋季大会, 神戸	2019年9月25日 国内
谷内元・栗谷豪・中川光弘・北川宙・小林桂・中村栄三	利尻火山の噴出物のK-Ar および Ar/Ar年代と火山発達史 (ポスター発表)	日本火山学会 2019年秋季大会, 神戸	2019年9月25日 国内
藤原 寛・石崎泰男・清水祐輔・川崎一雄	白山火山の山頂域にみられる火山岩塊の定置温度と年代 (序報) (ポスター発表)	日本火山学会 2019年秋季大会, 神戸	2019年9月25日 国内
松本弥禄・石崎泰男	弥陀ヶ原火山における火砕成溶岩の成因 (ポスター発表)	日本火山学会 2019年秋季大会, 神戸	2019年9月25日 国内
中島壮太郎・石崎泰男	妙高火山中央火口丘期の火山地質学及び岩石学的研究 (ポスター発表)	日本火山学会 2019年秋季大会, 神戸	2019年9月25日 国内

ファイズ ウイルダ ムハラッド・石崎泰男	テフラ層序からみた 新潟焼山火山噴火履 歴（ポスター発表）	日本火山学会 2019 年秋季大会，神戸	2019年9月25日 国内
勝岡菜々子・石崎泰男・ 長井雅史・寺田暁彦	草津白根火山，太子火 砕流堆積物の岩石学 的研究（ポスター発 表）	日本火山学会 2019 年秋季大会，神戸	2019年9月25日 国内
佐藤鋭一・和田恵治・南 裕介・石塚吉浩・中川光 弘	雌阿寒岳，阿寒富士の 噴火活動とマグマ供 給系（口頭発表）	日本火山学会 2019 年秋季大会，神戸	2019年9月25日 国内
佐藤初洋・伴雅雄	蔵王火山，御釜火口活 動期における噴火準 備過程（口頭発表）	日本火山学会 2019 年度秋季大会	2019年9月25日 国内
宮縁育夫・飯塚義之・大 倉敬宏	阿蘇火山中岳 2019年 5月3日～5日噴出物 の分布と構成物（口頭 発表）	日本火山学会 2019 年秋季大会	2019年9月25日 国内
永塚弘樹・藤縄明彦	鬼首カルデラ起源，下 山里凝灰岩の示す岩 相上および岩石学的 特徴について（ポス ター発表）	日本火山学会 2019 年度秋季大会，神戸	2019年9月25日 国内
山本大貴・石崎泰男	弥陀ヶ原火山地獄谷 の火山活動モニタリ ング(2)（ポスター発 表）	日本火山学会 2019 年秋季大会，神戸	2019年9月26日 国内
村上翔大・石崎泰男	志賀火山の形成史（ポ スター発表）	日本火山学会 2019 年秋季大会，神戸	2019年9月26日 国内
高橋正樹	斑晶岩石学とマグマ 溜りプロセス 研究 史と現状の課題（口 頭発表）	日本火山学会 2019 年秋季大会，神戸	2019年9月26日 国内
松本亜希子・中川光弘・ 前野深・長谷川健	大規模珪長質噴火の 先行活動－鬼界 7.3ka 噴火および屈斜路 120ka 噴火の例－（ポ スター発表）	日本火山学会 2019 年秋季大会，神戸	2019年9月26日 国内
林信太郎・伴雅雄・大 場司	鳥海山西部，鳥海湖北 西岸から新たに発見	日本火山学会 2019 年秋季大会，神戸	2019年9月26日 国内

	された火口群について (速報) (ポスター発表)		
久次米晃輔・伴雅雄・林信太郎・大場司	鳥海山、西鳥海カルデラ内の噴出物の層序と岩石学的特徴 (ポスター発表)	日本火山学会 2019 年秋季大会, 神戸	2019 年 9 月 26 日 国内
横山光・青山裕 佐藤公・萬年一剛・三好雅也 林信太郎・山口珠美・増淵佳子	高等学校地学及び地理の教科書における火山に関する正しい記述を目指して (ポスター発表)	日本火山学会 2019 年秋季大会, 神戸	2019 年 9 月 26 日 国内
伊藤順一・川邊禎久・高田亮	東京都青ヶ島火山ボーリングコアに基づく火山層序の確認 (口頭発表)	日本火山学会 2019 年秋季大会, 神戸	2019 年 9 月 26 日 国内
杉下七海・伴雅雄・常松佳恵・佐々木寿	蔵王火山 1895 年噴火の投出岩塊の噴出速度および噴出角の推定 (ポスター発表)	日本火山学会 2019 年度秋季大会	2019 年 9 月 26 日 国内
佐藤鋭一・和田恵治・南裕介・石塚吉浩・中川光弘	雌阿寒岳, 阿寒富士の噴火活動とマグマ供給系 (口頭発表)	日本火山学会 2019 年度秋季大会, 神戸	2019 年 9 月 26 日 国内
和田恵治・石田滉人・佐藤鋭一・遠藤優磨	雌阿寒岳, 中マチネシリ火砕噴火期 I・II の噴火推移とマグマの変遷 (ポスター発表)	日本火山学会 2019 年度秋季大会, 神戸	2019 年 9 月 26 日 国内
前野深・中川光弘・松本亜希子	鬼界カルデラ長浜溶岩の掘削と噴火年代推定 (口頭発表)	日本火山学会 2019 年秋季大会, 神戸	2019 年 9 月 27 日 国内
中川光弘・松本亜希子・小林恭平・和田恵治	十勝岳, 1962 年と 1988 - 1989 年噴火の比較岩石学: 噴火様式とマグマプロセスの関係の理解のための事例研究 (口頭発表)	日本火山学会 2019 年秋季大会, 神戸	2019 年 9 月 27 日 国内
Syahreza S. Angkasa・大場司・井村匠	Stratigraphy and Componentry	日本火山学会 2019 年秋季大会, 神戸	2019 年 9 月 27 日 国内

	Analysis of the Proximal Volcanic Succession of Tangkuban Parahu Volcano, West Java, Indonesia (口頭発表)		
川島弘之介・伴雅雄・常松佳恵・片岡香子	蔵王山東麓、濁川・遠刈田地域のラハール堆積物—堆積過程・発生要因・年代について— (ポスター発表)	日本火山学会 2019 年秋季大会, 神戸	2019 年 9 月 27 日 国内
星住英夫・宮縁育夫・宮城磯治・下司信夫・宝田晋治	阿蘇 4/3 間降下テフラと阿蘇 4 火砕流初期の噴火推移 (口頭発表)	日本火山学会 2019 年秋季大会, 神戸	2019 年 9 月 27 日 国内
宮城磯治・須田泰市・星住英夫・斎藤元治・宮縁育夫・下司信夫	阿蘇カルデラの珪長質マグマ生成における浅所脱ガスの重要性 (口頭発表)	日本火山学会 2019 年秋季大会, 神戸	2019 年 9 月 27 日 国内
藤縄明彦・柴田翔平・土井宣夫	栗駒火山 1944 年, 1744 年水蒸気噴火堆積物の層相と粒度特性 (口頭発表)	日本火山学会 2019 年度秋季大会, 神戸	2019 年 9 月 27 日 国内
Yamasaki, S., Miggins, D. P. and Koppers, A. A. P.	Comparing $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ and Unspiked K-Ar Geochronology for Zao Volcano, NE Japan (ポスター発表)	AGU Fall Meeting 2019, San Francisco	2019 年 12 月 10 日 国際
Miyabuchi, Y., Iizuka, Y., Hara, C., Yokoo, A. and Ohkura, T.	The September 14, 2015 phreatomagmatic eruption of Nakadake first crater, Aso Volcano (口頭発表)	International Workshop on the Mechanism of Phreatic Eruption, Hakone	2020 年 1 月 15 日 国際
久野優・太田岳洋	鉱物組合せと火山ガラス組成による九重火山におけるテフラ層序の再検討—特に	国際火山噴火史情報研究集会 2019-2, 鹿児島	2020 年 1 月 25 日 国内

	段原降下スコリアと 米窪降下火山灰につ いて—（口頭発表）		
--	-------------------------------------	--	--

(f) 特許出願、ソフトウェア開発、仕様・標準等の策定

1) 特許出願

なし

2) ソフトウェア開発

なし

3) 仕様・標準等の策定

なし

(3) 令和2年度業務計画案

(a) 火山の噴火履歴およびマグマ長期変遷に関する研究

令和2年度は前年度に行った事前調査の結果をもとに、最重点火山・重点火山を中心とした計15火山において、ボーリング掘削およびトレンチ掘削調査を実施する。主な火山の実施計画を以下に示す。

1) アトサヌプリ（北海道大学・茨城大学）

ボーリング掘削調査（50m 深）およびトレンチ掘削調査を実施し、数万年にわたる火山全体の噴火履歴を明らかにするとともに、摩周の活動との関連についても検討することで、北海道東部地域の長期活動履歴の解明を目指す。

2) 雌阿寒岳（産業技術総合研究所・神戸大学・北海道大学）

山麓部での重機トレンチ掘削を実施し、最新期の活動の噴火履歴および噴出物の分布の詳細を明らかにすることを目指す。

3) 羊蹄山（北海道大学・電力中央研究所）

約50m 深のボーリング掘削調査を実施し、これまでのトレンチ掘削調査および野外調査結果を合わせることで、羊蹄山の最新の活動の噴火履歴を明らかにする。

4) 有珠山（北海道大学）

有珠山の成層火山形成期の開始時期および山体崩壊の発生時期を明らかにするために、野外調査および約100m 深のボーリング掘削調査を実施する。

5) 鳥海山（秋田大学・山形大学・産業技術総合研究所）

最新の噴火履歴を明らかにするために、野外調査に加え、山体での手掘り掘削調査を引き続き拡充する。また西鳥海カルデラ内での地質調査および物質科学的解析を進め、完新世の活動履歴およびマグマ変遷を明らかにすることを目指す。

6) 秋田焼山（産業技術総合研究所）

山体における手掘りトレンチ掘削調査および山体近傍の地質調査を実施し、完新世の活

動履歴および噴火推移履歴を明らかにすることを旨とする。

7) 秋田駒ヶ岳（北海道大学・株式会社エンバイオ・エンジニアリング）

野外調査に加え、山体における手掘りトレンチ掘削調査を行い、カルデラ形成以後の完新世のテフラ層序を明らかにする。また溶岩流とテフラ層序との関係について検討し、カルデラ形成以後のマグマ変遷の検討を行う。

8) 蔵王山（山形大学）

最近数万年間の噴火活動履歴の詳細を明らかにするために、山体における手掘りトレンチ掘削調査を拡充する。

9) 栗駒山（秋田大学）

山体での手掘りトレンチ掘削調査および野外調査を実施し、栗駒山の最近の噴火履歴の詳細を明らかにすることを旨とする。

10) 浅間山（日本大学）

これまでの成果をとりまとめて、物質科学的解析を実施し、浅間前掛火山の高分解能噴火史の解明を旨とする。また、1783年以降の活動に焦点をあて、引き続きトレンチ掘削調査を実施し、噴火履歴・噴火推移の情報を得ることで、より精密な時間-噴出物量図を作成する。

11) 伊豆大島（東京大学地震研究所・産業技術総合研究所）

完新世の噴火履歴および活動推移に関する地質データを得るために、沿岸域の地形地質調査および陸域の地質調査を実施する（産業技術総合研究所）。

また、歴史時代噴火に焦点をあてトレンチ掘削調査を実施し、野外調査結果を合わせることで、伊豆大島の最近の大規模噴火履歴および噴火推移履歴を明らかにする（東京大学地震研究所）。

12) 草津白根山および志賀火山（富山大学）

山体近傍の地質調査および手掘りトレンチ掘削調査を実施し、完新世の活動履歴および噴火推移履歴を明らかにする。

13) 白山（富山大学）

野外調査および手掘りトレンチ掘削調査を実施し、完新世の噴火活動履歴を明らかにする。

14) 九重山（山口大学・北海道大学）

野外調査および山体における手掘り掘削調査を実施し、特に完新世の噴火履歴の詳細を明らかにすることを旨とする。

15) 阿蘇山（熊本大学）

引き続き、2019年から続く噴火対応を行うとともに、最近の活動履歴を明らかにするために、阿蘇火山中央火口丘の周辺地域においてトレンチ掘削調査を実施する。

16) その他の火山

上記の重点火山に加えて、利尻山・摩周・十勝岳・ニセコ・支笏火山（樽前山・風不死岳・恵庭岳含む）・吾妻山・那須岳・新瀉焼山・妙高山・鷲羽火山・富士山・東伊豆単成火山群・八丈島・三宅島・新島・御嶽山・横岳（八ヶ岳）・焼岳・阿武火山群・由布鶴見岳・霧島山・桜島・鬼界についても地表踏査を実施し、噴火履歴とマグマ変遷の解明を旨とする。

また、重点火山の見落としを避けるために、他の活火山についても噴火履歴やマグマ変

遷に関して検討を行う。そして、地質調査により得られた高精度噴火履歴に基づいて噴出物を採取し、物質科学的解析を開始する。基礎的な解析は各参加機関で行うが、高精度解析を必要とした場合は、北海道大学の「マグマ変遷解析センター」で行う。これら成果をとりまとめ、最重点火山・重点火山の見直しを検討する。

(b) 大規模噴火データベースの整備（産業技術総合研究所）

産業技術総合研究所（再委託）では、海外事例を中心に噴火推移文献データの収集を行い、コンパイルした情報から噴火推移データ集の作成を進める。また、桜島・北海道駒ヶ岳・樽前山などの国内のプリニー式噴火が発生した火山において、噴出物と噴火推移との対応を調査し、先史時代の噴火についての噴火推移とりまとめ方法を検討する。

(c) マグマ変遷解析センターの整備と分析技術開発（北海道大学）

北海道大学大学院理学研究院の関連した分析装置等を集中管理する分析実験室を「マグマ変遷解析センター」として引き続き整備し、昨年度導入した誘導プラズマ結合質量分析装置について分析手法の開発に取り組む。また、個々の装置のルーチン分析手法を確立し、参加機関・協力機関の研究者・大学院生を随時受け入れる。

(d) ボーリングコア試料の保管・管理システムの構築（防災科学技術研究所・北海道大学）

本課題の研究手法の1つであるボーリング掘削調査のために、引き続き国立研究開発法人防災科学技術研究所（協力機関）とともに、ボーリングコア試料の保管・管理システムの構築を行う。また、各機関で管理しているボーリングコア試料を防災科学技術研究所へ順次集約を始める。

(e) 課題全体のとりまとめと研究成果の発信

令和2年秋以降にC-2課題の研究集会を開催する。個々の火山の成果についてより深く議論を行い、成果をとりまとめ、時間一噴出量図と噴火事象系統樹作成のための方針を立て、個々の火山での作成に着手する。また、昨年度より開始した課題C-1・C-3との連携研究の対象である伊豆大島について、年度内に課題C全体の研究集会を開催する。サブ課題間の情報を整理し、どのように連携・提供していくかを議論し、今後の研究計画、成果とりまとめ、発信方法についての方針を立てる。そして、噴火事象系統樹や噴火事象分岐判断手法の開発に関しての成果と必要な情報を他課題と共有するために、次世代火山研究推進事業全体のシンポジウム開催を呼びかけ、全課題共通の項目として検討を行うことを提案する。