

1. 経緯と枠組み

1.1. コア解析グループ設置の経緯

気象庁では、火山噴火予知連絡会火山活動評価検討会（座長：石原和弘 京都大学防災研究所教授）が、中長期的に噴火等が発生する可能性の検討結果をもとに災害軽減のため監視を強化すべき火山として全国 47 火山を選定した（2009 年 2 月）ことを受け、平成 21 年度補正予算により当該 47 火山に多項目観測施設の整備を実施することとした。これらのうち、地震計・傾斜計についてはノイズの少ない高品位なデータを取得すべく、地点選定の結果、全国 42 火山の合計 47 地点にボアホール型地震計・傾斜計を設置する計画とした。より観測条件の良い深度への観測機器設置を目指すため、

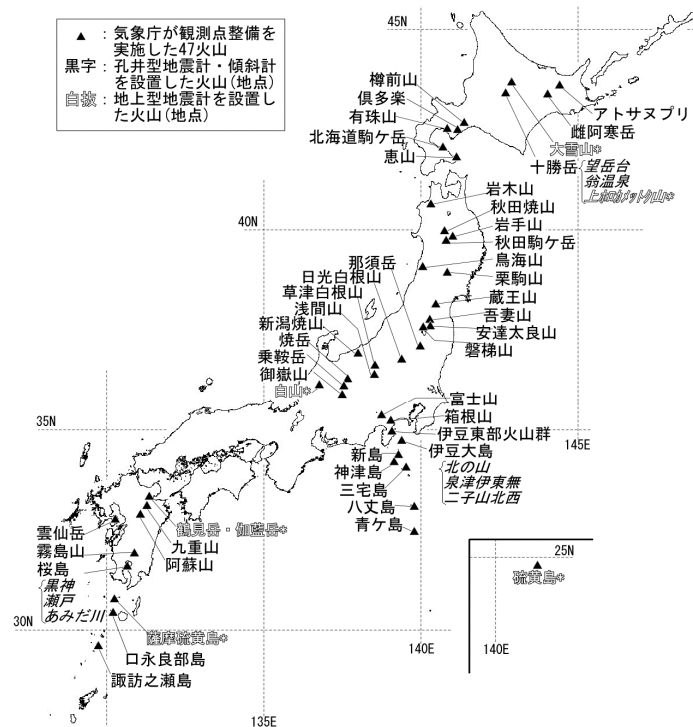


図1. 気象庁が観測施設整備及びボーリングコア採取を行った火山。

観測孔の本掘削に先立ち、原則 100m の調査孔掘削を行い、ボーリングコアの採取及び各種検層を実施した（具体的な掘削地点は、本報告書 p.401：資料 3 に掲載）。

一般に、個々の火山の噴火史を明らかにするためには、地質学的手法を用いた地表調査が行われるが、活火山においては火山噴出物の露出が限られることが多く、ボーリング調査やトレンチ調査により得られた情報が噴火史の高精度化に寄与する場合がある。2008 年 7 月の科学技術・学術審議会による『地震及び火山噴火予知のための観測研究計画の推進について（建議）』においても、「より高度な火山噴火予知を目指して、噴火規模、様式、推移の予測を行うためには、噴火シナリオを作成することが有用」としたうえで、「大学及び産業技術総合研究所は、ボーリングやトレンチ調査を含む地質情報を収集し、定量的な噴出物量、岩石学的分析、年代決定等の基礎データの拡充を図る」としている。

気象庁では、ボアホール型火山観測施設を整備する際に可能な限りボーリングコアを採取することとしたが、これは観測機器を設置する深度の検討材料とするためだけでなく、採取したボーリングコア（オールコア）を関係機関の協力により解析し、得られた知見をもって噴火シナリオや火山防災マップの作成・改善につなげたいとの考えに基づいている。

そこで、今回採取するボーリングコアを地質学的手法（岩石学的分析や年代測定を含む）により解析し、解析成果を火山噴火予知研究及び火山防災対策に役立てるため、火山噴火予知連絡会にコア解析グループを設置することとした。

1.2. 任務・目的

コア解析グループの任務として、下記3点を掲げた。

- ① ボーリングコアの採取に当たって、良好なコアを採取するための支援
- ② 採取したコアの一次記載（一次記載結果は、火山噴火予知連絡会へ報告）
- ③ コアを利用した研究の実施及び研究成果の公表に当たってのルール作成（産業技術総合研究所の協力のもと、同研究所のコア試料の利用規程に沿ったルールを作成）

コア解析グループでは、ボーリングコア採取から成果の公表に至るまでの任務の遂行により、「ボーリングコアの解析を円滑に進め、噴火履歴やマグマ発達史の解明等を火山噴火予知研究の進展及び火山防災対策の検討に資すること」を目的とした。

1.3. 枠組み

コア解析グループは、火山噴火予知連絡会に設置された解析グループの1つである。

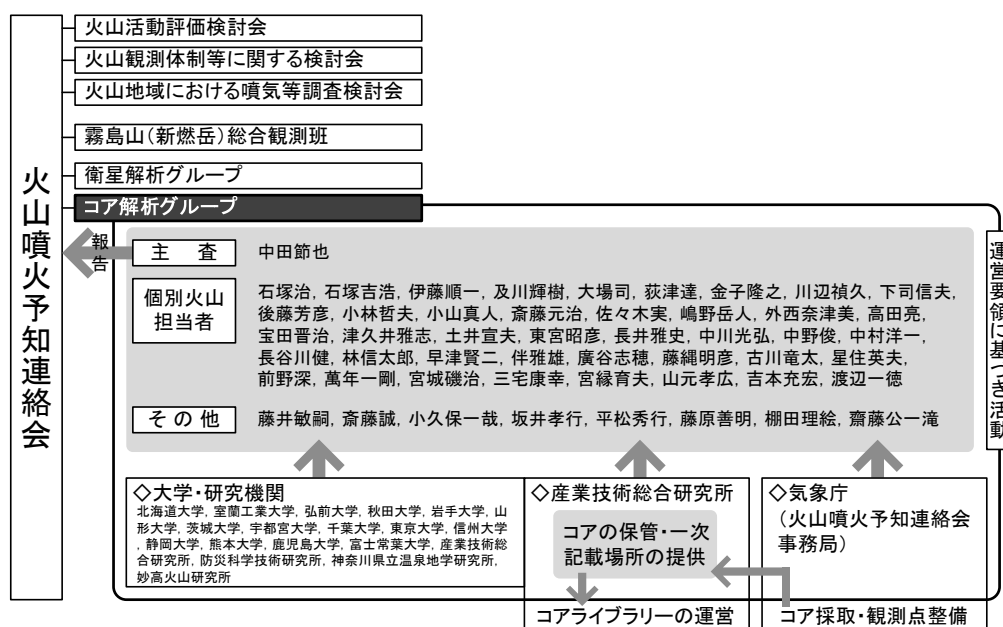


図2. コア解析グループの枠組み（2011年2月15日現在）。

コア解析グループの主査として、中田節也東京大学地震研究所教授が藤井敏嗣火山噴火予知連絡会会長より指名された。参加機関は原則、火山噴火予知連絡会委員及び臨時委員の所属する機関を対象としたが、運営要領に基づき、主査が認めた場合においてはこれらの機関以外からも参加可能とした。結果として、15の大学（北海道大学、室蘭工業大学、弘前大学、秋田大学、岩手大学、山形大学、茨城大学、宇都宮大学、千葉大学、東京大学、信州大学、静岡大学、熊本大学、鹿児島大学及び富士常葉大学）及び4つの研究機関等（産業技術総合研究所、防災科学技術研究所、神奈川県立温泉地学研究所、妙高火山研究所）がコア解析グループへの参加機関となった。

良好なボーリングコアの採取及び速やかなコア解析の実施のため、参加機関の中から、それぞれの火山の噴火史等に詳しい研究者を火山ごとの担当者（以下、「個別火山担当者」

という.)として定めた。個別火山担当者は、図2及び運営要領別紙1(本報告書p.397～398)のとおりである。個別火山担当者は、主として、良好なコアを採取するための支援及び採取したコアの一次記載を分担した。

ボーリングコアの一次記載においては、産業技術総合研究所のコア作業スペースを利用した。また、ボーリングコアは産業技術総合研究所のコア保管庫に保管しており、将来的に試料のコアライブラリー登録も計画している。産業技術総合研究所担当者は、一次記載に際して個別火山担当者の日程調整、コア一次記載の支援(保管しているコアの展開等の作業を含む)等を分担した。

火山噴火予知連絡会の事務局である気象庁では、ボーリングの進捗状況の連絡、ボーリング現場立会いの調整、応用地質株式会社によるゼロ次記載情報・コア写真の提供、一次記載結果や進捗状況のグループ内情報共有など、主に庶務作業を分担した。

運営要領やコアを活用した今後の研究活動の推進・成果公表に関するルールを作成にあたっては、主査・産業技術総合研究所・気象庁が連携した。

先に述べたとおり、コア解析グループは火山噴火予知連絡会に設置された1組織であり、火山噴火予知連絡会(定例会)において、主査が一次記載結果など解析成果を報告した。

なお、コア解析グループにおいては、特段の会合を持たず(現場立会い、一次記載、火山噴火予知連絡会での報告、主査/産業技術研究所-事務局の打合せ等を除く.)、必要なやり取りには電子メールを用いた。

1.4. 運営要領

コア解析グループの運営にあたり、グループの目的、構成、任務、活動内容等について、「火山噴火予知連絡会コア解析グループ運営要領」を定めた(本報告書p.394～400に掲載)。コア解析グループは、この運営要領に基づき活動した。

1.5. 気象庁による火山観測施設の整備(参考)

気象庁は、火山災害の一層の軽減を図るため、2007年12月1日より全国の活火山を対象に噴火警報等の発表を開始した。適時適切な防災情報の発表のためには火山活動の監視が必須であり、気象庁では、これまでも関係機関と協力して火山観測網を構築している。活動が特に活発な火山や連続監視が必要な火山においては、火山近傍に地震計等の観測を設置して連続監視を行っている。また近年は、多項目観測を実現させるなど監視・観測体制の強化を進めてきた。

先にも述べたように、2009年2月、火山噴火予知連絡会火山活動評価検討会が監視・観測体制の充実が必要であるとして全国47火山を選定したのを受け、気象庁では、平成21年度補正予算等による多項目火山観測施設の整備を行った。整備した観測装置は、地震計、傾斜計(ボアホール型地震計・傾斜計:47地点、地上型地震計:6地点)、空振計(52地点)、GPS観測装置(52地点)及び遠望カメラ(23地点)である。



図3. 各観測機器。

火山監視能力の向上させるため観測データの高品位化を図るべく、地震計・傾斜計については可能な限りボアホール型とした。その他、GPS 観測装置には2周波対応の機器を採用し、他機関のGPS 観測装置のデータと併合処理できるようにした。遠望カメラは、星明かりの下でも監視可能は高感度カメラとした。遠望カメラのうち5地点には火口タイプのカメラを設置し、火口内の活動を捉えられるようにした。

今回整備した観測機器のデータは、気象庁本庁（東京）及び札幌・仙台・福岡の各管区気象台に設置した火山監視・情報センターにおいて、24時間体制での火山活動監視に活用する。今回の整備を経て、気象庁の常時観測火山は、2011年3月現在、47火山となっている。

本報告書にまとめたように、今回の気象庁観測点整備では、採取したボーリングコアの解析を火山噴火予知連絡会コア解析グループにおいて実施いただいた。関係された皆様にこの場をお借りして御礼申し上げます。

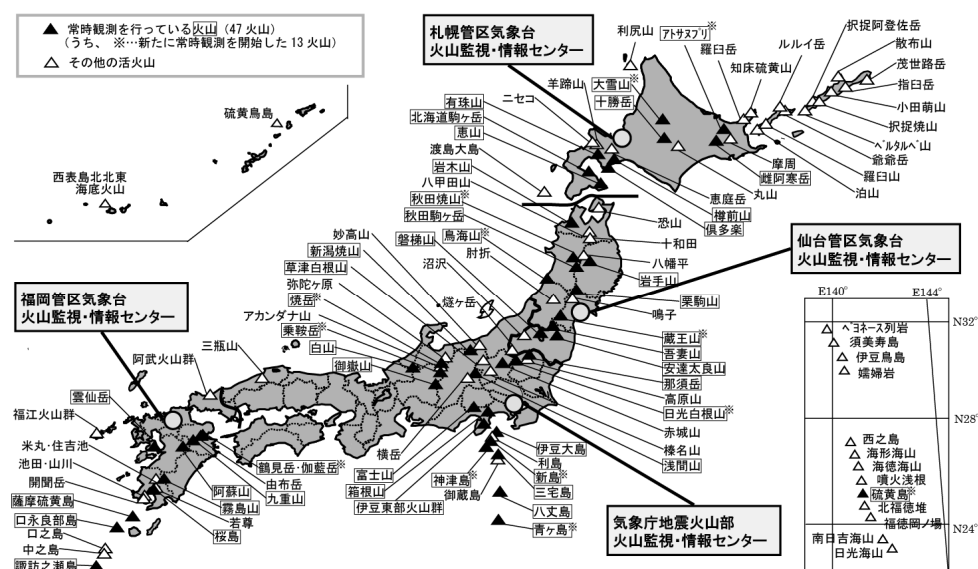


図4. 全国の活火山分布，気象庁の火山監視・情報センター及び気象庁が観測点整備を実施した火山（2011年3月現在）。

【参考文献】

- 火山噴火予知連絡会 (2009a) 火山噴火予知連絡会火山活動評価検討会（中間報告）－監視・観測体制の充実等の必要がある火山の選定について－. 気象庁報道発表資料（2009年2月18日）。
- 火山噴火予知連絡会 (2009b) 火山噴火予知連絡会コア解析グループの設置について. 気象庁報道発表資料（2009年6月18日）。
- 火山噴火予知連絡会コア解析グループ (2009) 火山噴火予知連絡会コア解析グループ運営要領. 7p.
- 科学技術・学術審議会 (2007) 地震及び火山噴火予知のための観測研究計画の推進について（建議）. 69p.

（執筆担当：気象庁）

2. 活動概要

2.1. 準備（2009 年 4 月～2009 年 8 月）

気象庁によるボアホール型火山観測施設整備の際に調査ボーリングを実施することとなり、採取したボーリングコアの解析等を目的として火山噴火予知連絡会にコア解析グループを設置することとした。コア解析グループは第 113 回火山噴火予知連絡会において設置され、連絡会後の定例記者会見において報道発表を行った（2009 年 6 月 18 日；報道発表資料は本報告書 p.393 に掲載）。

グループの目的、構成、任務、活動内容等をまとめ、「火山噴火予知連絡会コア解析グループ運営要領」を作成した（2009 年 8 月 3 日）。

2.2. ボーリングコアの採取（2009 年 9 月～2010 年 10 月）等

各ボーリングコアの採取期間には、気象庁から個別火山担当者へ掘削の進捗に関する情報を随時送付し、コア解析グループが良好なコア採取を支援する体制を取った。なお、47 地点のボーリングコアの採取は、2009 年 9 月 4 日の秋田焼山に始まり、2010 年 10 月 25 日の浅間山（掘増し分）をもって完了した。

掘削地点の確認や採取したばかりのボーリングコアの観察のため、のべ 6 名の個別火山担当者が掘削現場の立会い（GL-2m までの試掘の立会い等を含む）を行った。また、気象庁の観測点整備工事を請け負った応用地質株式会社により行われたゼロ次記載のためのコア観察には、のべ 26 名の個別火山担当者が立会いを行った。（2009 年 9 月～2010 年 5 月）

ボーリングコアを採取した調査孔掘削が完了すると、気象庁の観測点整備工事を請け負った応用地質株式会社により調査孔を利用した温度検層、PS 検層及び電気検層（電気検層は孔内水がある深度のみ）が実施された。（2009 年 10 月～2010 年 10 月）

2.3. 一次記載（2010 年 1 月～2010 年 11 月）等

ボーリングコアの保管場所及び一次記載会場は産業技術研究所であり、採取したボーリングコアは各地から産業技術総合研究所に搬入された（2009 年 12 月～2010 年 11 月）。

一次記載は、個別火山担当者が産業技術研究所のコア観察スペースに集まり実施した。2010 年 1 月 18 日の雌阿寒岳コア・十勝岳コアに始まり、2010 年 10 月 25 日の浅間山コア（掘増し分）をもって完了した。これら一次記載には、のべ 111 名（複数地点の記載に係っている担当者は記載地点分カウント）の個別火山担当者等が当たった。

一次記載結果については、一次記載実施から 2 ヶ月後までに個別火山担当者が一次記載報告（概要文＋1/100 柱状図）を作成した。報告については、気象庁を通してコア解析グループの構成員全員に情報共有した（2009 年 2 月～2010 年 1 月）。

また、ボーリングコアについては、原則、産業技術総合研究所のコアライブラリーに試料登録することとした。ただし、個別火山担当者等から廃棄について提案があった場合には、コア解析グループの構成員全員に情報共有し、提案に対して異議が挙がった際には主査による調整を経て、取り扱いを決定した（2009 年 2 月～2011 年 2 月）。

表 1. コア解析グループの活動.

年	月	準備	ボーリングコアの採取	一次記載等	解析成果の報告・公表等
2009	4	4/27 47火山 観測点整備決定 (気象庁 補正予算報道発表)			
	5				
	6	6/16 コア解析グループ設置 (第113回火山噴火予知連絡会)			
	7				
	8	8/3 運営要領制定			
	9		ボーリングコア採取 ・掘削		
	10		・現場立会い ・各種検層		
	11				
	12				
2010	1			一次記載	
	2			・記載作業 ・記載報告作成 ・保存/廃棄の整理	
	3				
	4				
	5				
	6				6/16 一次記載結果報告① (第116回火山噴火予知連絡会)
	7				
	8				
	9				
	10				10/13 一次記載結果報告② (第117回火山噴火予知連絡会)
	11				
	12				
2011	1				
	2				2/15 一次記載結果報告③ (第118回火山噴火予知連絡会)
	3				3月 報告書刊行, コア解析グループ解散
以降					学会発表・論文投稿等

2.4. 解析成果の報告・公表（2010 年 6 月～）

47 地点のボーリングコアの解析成果等については，第 116 回（平成 22 年 6 月 16 日），第 117 回（平成 22 年 10 月 13 日），第 118 回（平成 23 年 2 月 15 日）火山噴火予知連絡会定例会において主査が報告した。

コア解析グループでは，今回の解析成果を取りまとめるとともに今後のボーリングコア採取・解析を推進するため，本報告書を刊行した（2011 年 3 月；本報告書の刊行をもってコア解析グループは解散）。さらに，個別火山担当者等は，新たな知見が得られた場合には，準備が整った時点で解析成果に関する学会発表や論文投稿を行うこととしている（2010 年 10 月～）。

火山噴火予知連絡会，コア解析グループの構成員，産業技術研究所及び気象庁は，コア解析グループにおける解析成果について学会発表や論文投稿等を通じて火山噴火予知研究の推進に今後も努めるとともに，解析成果を火山防災対策に役立てるための取り組みを進める。また，産業技術総合研究所のコアライブラリーに試料登録されたボーリングコアは，今後も学術研究への活用が期待される。

（執筆担当：気象庁）

3. コア掘削と各種検層の概要

気象庁によるボアホール型火山観測施設整備の際、観測機器を埋設する観測井の掘削作業に先立ち、各地点の岩盤の種類と物理的特性及び地層状況を把握するために調査ボーリングを行い、コアの採取と各種検層による地質調査を実施した。

3.1. コア掘削

調査ボーリングにおけるコア掘削は、以下の内容及び方法により実施した。

(1) コア採取深度

コア採取深度は、次のとおりである。これらの深度に加えておおよそ 1m 未満の余掘りを行っている場合がある。

- 0～100m (43 地点：下記以外の地点)
- 0～50m (1 地点：八丈島西山南東山麓)
- 0～125.9m (1 地点：雲仙岳国見山北山腹)
- 0～150m (1 地点：焼岳奥飛騨中尾)
- 0～100m 及び 150～155.4m (1 地点：アトサヌプリ跡佐登)
- 0～100m 及び 170～201m (1 地点：浅間山塩野山)

(2) コア径

45 地点についてはコア径 65～70mm で、使用したサンプラーにより異なる。その他の 2 地点については、雲仙岳は深度 100m まではコア径 70mm、それ以深がコア径 100mm、諏訪之瀬島では全深度コア径 150 mm で採取を実施している。

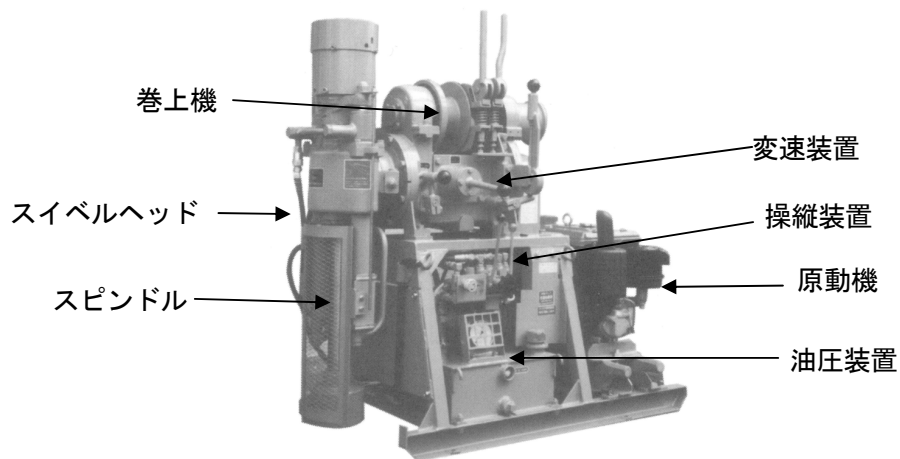
(3) ボーリングマシン

掘削にはロータリー式スピンドル型オイルフィードボーリング機械を使用した。ボーリング機械にはこの他にも機構が異なるものがあるが、現状では、地質調査用のボーリング機械としては主にロータリー式のスピンドル型が使用されている。

スピンドル型ボーリング機械は、スイベルヘッドに組み込まれた中空のスピンドルの中を通したボーリングロッドをチャックでつかみ、回転と給進力をロッド先端のビットに伝達、地盤を切削しながら掘り進むものである。地盤の掘屑（スライム）は、掘削水の循環により孔外に排出する。ボーリング機械は主に回転と給進装置を装備した穿孔装置（スイベルヘッド）、ロッドの昇降を効率よく行なうための巻上装置、穿孔装置と巻き上げ装置に動力を供給する変速装置、油圧装置、操縦装置、原動機などの各装置から構成されている。

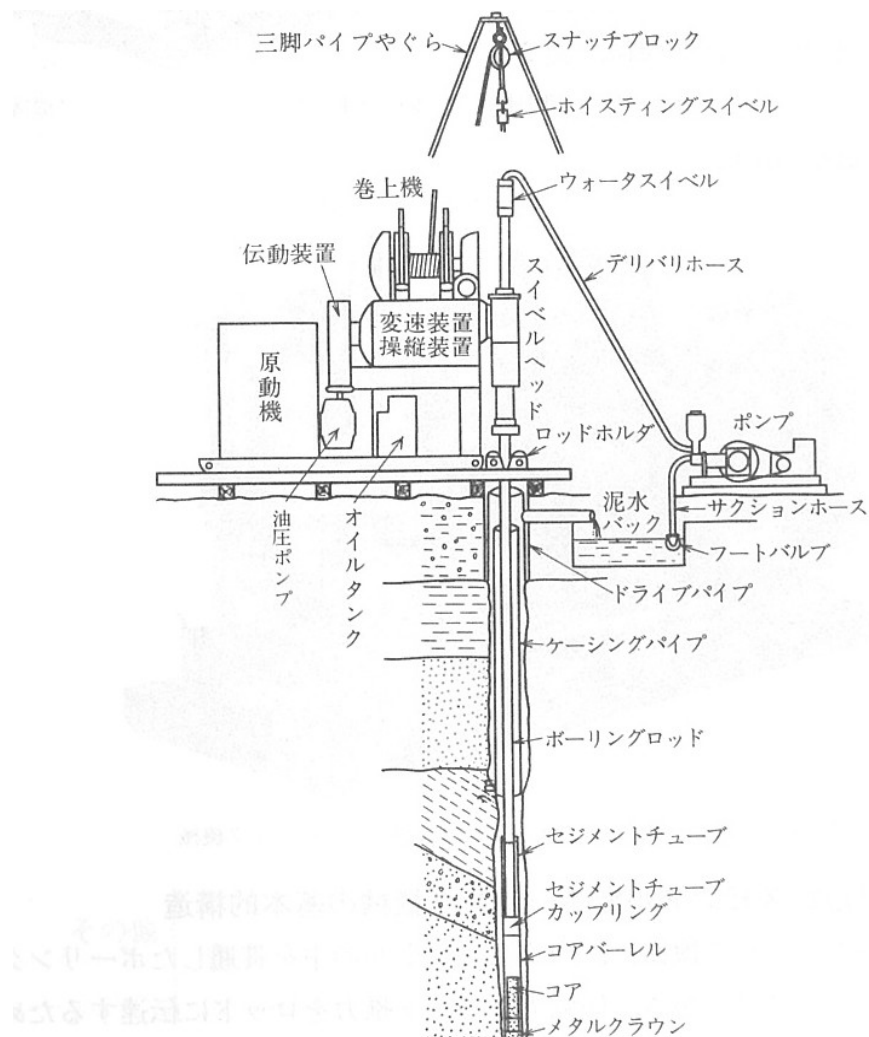
実際の作業では、ボーリングの装置としてこれらの他、やぐら、昇降器具、循環水を送るポンプ、調泥ミキサーなどが必要である。現地の状況にあわせてこれらの器具を適切に配置して作業を実施した。今回のコア掘削で使用した機械は、予定深度に多少の変更が生じたとしても、十分目的を達成できる能力を有するものを選定した。

図 5 にスピンドル型ボーリング機械の外観を示し、図 6 に調査ボーリング装置の全体図を示した。



(地盤調査の方法と解説 社)地盤工学会編より引用)

図 5. スピンドル型ボーリング機械の外観.



(新版ボーリングハンドブック 社)全国地質調査業協会連合会編より引用)

図 6. 調査ボーリング装置の全体図.

(4) コア採取の方法

掘削地点及びその周辺の状況や既存資料から地下埋設物（水道管やガス管等）が存在する可能性がある判断された地点では、手掘りによる試掘を深度 2m まで実施し、地下埋設物が無いことを確認したうえでボーリングマシンによる掘削を実施した。手掘りによる試掘区間の試料は深度毎にコア箱に収納した。

地下埋設物が無いと判断される地点では、地表面より計画深度まで全てボーリングマシンでの掘削によりコア採取した。コア採取に使用したサンプラーは、ロータリー式スリーブ内蔵二重管サンプラーで、採取率 100%を目指して作業を慎重に進めた。

サンプラーは、外管を回転させることにより地盤を削り取り、試料を内管内に押し込んでいくもので、スリーブ内蔵タイプは、コアがビニルスリーブ内に収納される。外管と内管との間にはベアリングが取り付けられており、これにより外管の回転を遮断する仕組みとなっており、コアの擾乱発生を防ぐ機構となっている。また、掘削用泥水は外管と内管の間を流れるため、泥水による試料の汚染や攪乱を防いでいる。

なお、掘削作業中は、孔内状況を把握してコア採取率の向上と孔内でのトラブルを防ぐため、下記の事項について記録した。

- ① 孔内水位 : 毎日の作業前後に孔内水位
- ② 湧水及び漏水 : 掘削のための送水量と排水量及び孔内の湧水・漏水量
- ③ 掘進時間 : ロッドの昇降時間を含まない実際の掘進に要した時間
- ④ 掘進状況 : 回転数、給圧、送水圧等
- ⑤ コア採取状況 : 掘進長、岩質、岩層
- ⑥ その他 : 孔壁崩壊、逸水、漏水発生時の対応方法や作泥・調泥作業の状況等

(5) コアの整理

採取したコアは、サンプラーから取り出しコア箱へ収納した。コア径 65~70mm の 45 地点は、1 箱に 3m 分を収納し、雲仙岳の 100m 以深と諏訪之瀬島は 1 箱に 1m 分を収納して整理した。またコア箱には、火山名、採取深度等必要事項を記入している。

(6) ゼロ次記載とコア写真撮影

ゼロ次記載（応用地質株式会社による記載を「ゼロ次記載」とよぶ。）は、コアを詳細に観察し、岩石種、色調、層序、岩相、岩盤組織の硬軟、風化・割れ目の状況、挟在物の種類と状態、その他について、地質学、岩石学、層位学的に鑑定・判断したコア観察カードを作成し、それに基づいて柱状図を作成した。作成した柱状図の様式は JACIC 様式とした。なお、ゼロ次記載結果については、本報告書の掲載対象としていない。

ゼロ次記載の作業と並行して実施したコアの撮影は、1 眼レフデジタルカメラで 35mm レンズを使用して解像度 400 万画素で行なった。また、撮影では地点名や採取深度を明示し、色見本を添えた。ボーリングコアの写真については、全て本報告書の付録 DVD に収録した。

(7) コアの搬入

採取したコアは、写真撮影及びゼロ次記載の後、独立行政法人産業技術総合研究所のコア倉庫に搬入した。

3.2. 各種検層

調査ボーリング孔において、温度検層と電気検層及び PS 検層を実施した。各種検層により把握された岩盤の物理的特性は、ボアホール型地震計・傾斜計の設置深度を検討する資料とした。各種検層の測定内容及び方法を以下に示す。検層結果は、本報告書には地点ごとに掲載した。

(1) 温度検層

温度検層は、調査ボーリング孔内の温度分布を把握するために実施し、地震計・傾斜計の使用环境温度と比較することにより設置深度を検討した。

- ①測定工程 : 孔内水の攪乱による温度の擾乱を避けるため、掘削もしくは他の検層作業が終了し、24 時間以上経過した後に実施した。ただし、現場工程によっては、12 時間以上経過した時点で測定を実施した。
- ②サンプリング間隔 : 5cm または 10cm
- ③プローブ降下速度 : 2m/分
- ④測定装置 : データ収録装置、プローブと信号ケーブル、ウインチ、シーブで構成される。図 7 に温度検層の測定概念図を示し、表 2 に使用機器の主な仕様を示した。
- ⑤測定方法 : 一般に多くの検層は一度プローブを孔底まで降ろした後、引上げながら測定を行なうが、孔内水の攪乱による温度の擾乱を避けるため、プローブを下降させながら測定を実施した。データの良否を収録装置のモニターにより確認しながら測定を行い、所定深度までの収録を終了させ、測定データをデジタル収録した。

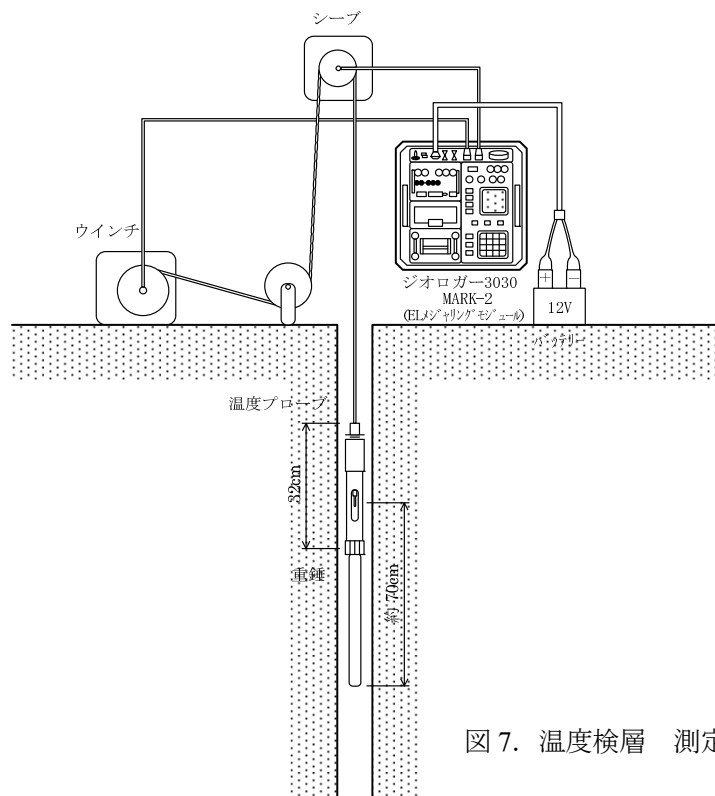


図 7. 温度検層 測定概念図.

表 2. 温度・電気検層 使用機器の主な仕様.

○ データ収録装置	ジオロガー3030 MARK-2, MODEL-3964B
・CPU	: 8 ビット
・メモリ容量	: 44K バイト
・A/D 変換器	: 12 ビット
・ディスプレイ	: グラフィックス LCD, 128×128 ドット
・フロッピーディスク	: 3.5 インチ, 2DD, 2HD
・プリンタ	: サーマル記録方式, 110mm 幅
・電 源	: DC12V
・外形寸法	: 390W×360H×330D
・重 量	: 14kg
○ モジュール (温度・電気)	EL メジャリングモジュール, MODEL-3143A
温度・測定範囲	: 0~100°C
・温度検出方式	: シリコンダイオードの順方向温度特性
・総合精度	: ±2%F.S.
電気・測定レンジ	: 10, 100, 1K, 10K Ω -m 自動レンジ設定
・通電方式	: 矩形波, 定電流 (2, 20, 60mA)
○ プローブ	温度 MODEL-3571. 電気 MODEL-3174
温度・外形寸法	: 長さ 32cm, 径 32mm
電気・外形寸法	: 長さ 293cm, 径 32mm (電極部)
・電極間隔	: 25cm, 50cm, 100cm
○ ウィンチ	MODEL-3895
・ケーブル	: 径 6mm, 長さ 310m (最大)
・巻き上げ荷重	: 約 20kg
・巻き上げ速度	: 最大 10m/min
・電 源	: DC12V, 120W
・外形寸法	: 380W×380H×455D
・重 量	: 25kg (ケーブルを除く)

(2) 電気検層

電気検層は、調査ボーリング孔内の見掛け比抵抗分布を把握するために実施し、岩相変化や風化・変質状況及び湧水などの地下水状況などを推定することにより、地震計・傾斜計の設置深度を検討した。なお、電気検層は孔内水がある深度の範囲で実施した。

- ①電極配置 : 2 極法のノルマル法とした。
- ②電極間隔 : 地上電流電極 (B) と地上電位電極 (N) はボーリング孔から 20m 以上離れた位置とし、孔内の電流・電位電極の間隔は、25, 50, 100cm の 3 種類とした。
- ②サンプリング間隔 : 5cm または 10cm
- ③プローブ降下速度 : 3m/分
- ④測定装置 : データ収録装置、プローブと信号ケーブル、ウィンチ、シープで構成される。図 8 に電気検層の測定概念図を示し、表 2 に使用機器の主な仕様を示した。
- ⑤測定方法 : データの良否を収録装置のモニターにより確認しながら測定を行い、所定深度までの収録を終了させ、測定データをデジタル収録した。

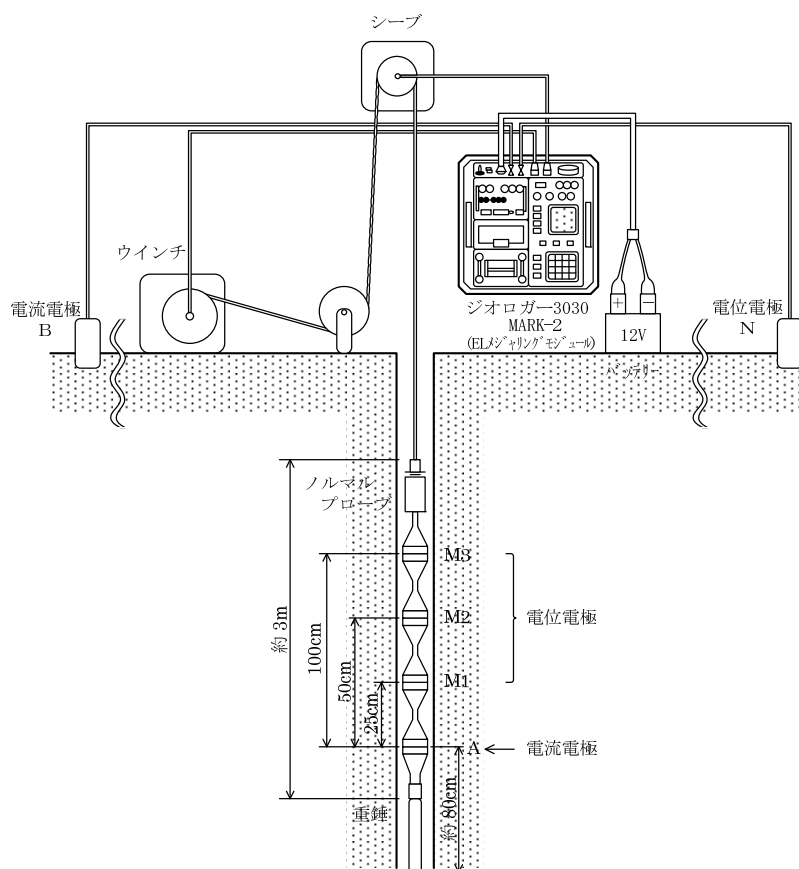


図 8. 電気検層 測定概念図.

(3) PS 検層

PS 検層は、観測井近傍の地盤の P 波、S 波の弾性波速度構造を把握するために実施し、岩盤状況を推定することにより、地震計・傾斜計の設置深度を検討した。

- ①測定方式 : 地表で P 波及び S 波を起振し、地盤中を伝播する弾性波をボーリング孔内に固着させた受振器で測定するダウンホール法とした。
- ②起振方法 : P 波測定では、約 100kg のモンケンを自由落下させることにより起振する重錘落下法とした。S 波測定では、長さ 3m、幅 40cm、厚さ 20cm 程度の木製の板に 1～2 トン程度の上載荷重をかけて地面を密着させ、板の端面を交互に 100kg 程度のモンケンを用いて振り子の原理で打撃することによって起振する板叩き法とした。振源の位置はボーリング孔から 5～10m 程度離れた位置とした。
- ③受信間隔 : 2m とした。
- ④測定装置 : データ収録装置、受振器及び起振装置で構成される。図 9 に PS 検層の測定概念図を示し、表 3 に使用機器の主な仕様を示した。
- ⑤測定方法 : 測定方法は以下に示すとおりである。
受振器をボーリング孔内の所定の深度まで挿入し、窒素ボンベからエアチューブを介して窒素ガスを送り、受振器のゴムチューブ

を膨張させて受振器を孔壁に固着させる．地表で起振された P 波・S 波の弾性波は地中を伝播して孔内に固着した受振器で受振される．測定装置のモニターにより記録の良否を確認し，良好であればデータを収録し，ゴムチューブから窒素ガスを抜いて次の深度に移動させて，以降同様に固着，起振，測定を繰り返す．

⑥データサンプリング：P 波 100 μ sec, S 波 500 μ sec

⑦データ長：1024（又は 2048）

⑧解析方法：解析方法は，以下に示すとおりである．

測定で得られた記録から，P 波については初動走時を読み取り，S 波については，同一位相の走時を読み取る．それぞれの振源とボーリング孔との距離に応じた振源距離の補正を行ない，P 波・S 波それぞれの走時曲線を作成して，速度構造を求める．

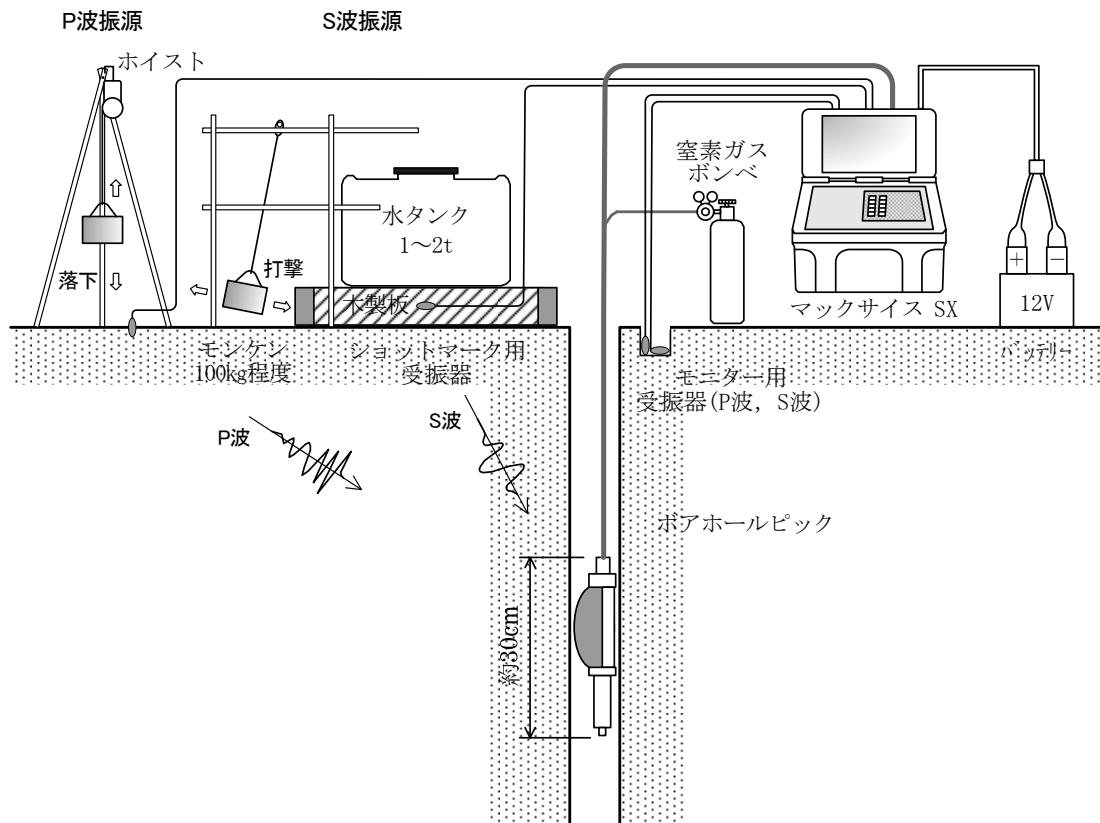


図 9. PS 検層 測定概念図.

表 3 PS 検層 使用機器の主な仕様

○ 地震探査装置	マックサイズ SX, MODEL-1125
・成分数	: 1, 3, 6, 12, 24 成分を設定可能, AUX 1 成分
・入力インピーダンス	: 20k Ω (差動)
・利 得	: 4, 32, 256 倍
・周波数帯域	: 10~4600Hz
・A/D 分解能	: 18 ビット
・サンプリングレート	: 25, 50, 100, 200, 500, 1000 μ s
・メモリー長	: 1024, 2048 ワード
・C P U	: i486DL, 33MHz
・内臓ハードディスク	: 500MB
・フロッピーディスク	: 3.5 インチ MS-DOS, 720KB, 1.44MB
・ディスプレイ	: 640 $\times$ 480 ドット LCD, VGA 対応
・電 源	: DC12V
・外形寸法	: 330W $\times$ 260H $\times$ 180D
・重 量	: 7kg
○ ボアホールピック	MODEL-3315
・成 分	: 速度型水平動 2 成分, 上下動 1 成分
・固有周波数	: 28Hz (各成分とも)
・感 度	: 104mV/cm/s
・インピーダンス	: 215 Ω
・ゴムチューブ	: 最大膨張外径 約 86mm
・ケーブル	: 長さ 100m, 外径 12mm (エアチューブ内臓)
・動作温度	: 0~40 $^{\circ}$ C
・外形寸法	: 長さ 303mm, 径 43mm (本体部分)
・重 量	: 14kg (本体のみ 2kg)

(執筆担当：応用地質株式会社)

4. 一次記載と今後のコア利用について

4.1. 一次記載

各火山で掘削が完了したコアは一旦地域毎に集積された後、産業技術総合研究所(以下、産総研、所在地：茨城県つくば市)のコア保管倉庫に搬入された。2010年1月以降、コア解析グループの個別火山担当者によって、産総研のコア保管倉庫において順次コア観察・記載・試料採取が為された(一部には、掘削現場で作業が行われたものもある)。この作業にあたっては、事前に掘削業者から提出された岩質記載柱状図、コア写真および検層結果を参考にして、コア観察・記載・試料採取が行われた。



図 10. 一次記載風景.



図 11. 産総研コア倉庫と観察スペース.

4.2. 産業技術総合研究所における試料の保存

掘削されたコア試料については、原則として産総研にて試料登録を行い、保存される。ただし、基盤岩など噴火史解明に寄与しないと判断された部分や、同一堆積物を長大に掘り抜いた部分では、廃棄されている部分がある。廃棄については、コア解析グループ運営要領に基づき取り扱いを決定した。保管されている産総研の登録試料番号及び保管深度は資料4(本報告書 p.402)の通りである。なお、5年あるいは10年後に、保管試料の一部を廃棄する可能性があることに留意されたい。

保管される試料は、火山噴火研究の試料として活用することが可能である。また、今回の保管試料の一部は、産総研が実施・共催する技術研修や各種展示に利用される可能性がある。本コア試料の利用にあたっては、産総研のコアライブラリー委員会(あるいはその役割を引き継ぐ、産総研の岩石試料管理委員会)の規程に従うこと。また、研究用にコアの一部を採取する場合、後世の活用にも供する為に、コア径の半割部分(最低でも 1/4 以上)を残すことを原則とする。

本コア試料を用いた研究成果の公表においては、講演要旨や論文に、1) 気象庁の火山観測施設設備で採取されたコアを利用したこと。2) 試料は産総研のコアライブラリーに保管されており、これを利用したこと、を明記すること。また、ボーリング試料の採取位置等の諸元に対する基礎情報として、本報告書を引用文献に加えること(文献引用例については、p.403を参照)を原則とする。



図 12. 産業技術総合研究所 岩石コア保管施設（コアライブラリー）.



図 13. 気象庁火山観測井コア試料の保管状況.

（執筆担当：産業技術総合研究所 伊藤順一）

5. 火山地域におけるボーリング調査の重要性

5.1. 各機関によるこれまでの取り組み

火山地域におけるボーリング調査やトレンチ調査は、過去の噴火履歴を理解するうえで有効な手法であり（科学技術・学術審議会，2007 など），分野横断的な科学掘削等を含めこれまでも多数のボーリング調査が行われてきた（宇都・他，2005a；Nakada *et al.*，2005 など）。

ここで特筆すべきは，防災科学技術研究所や京都大学防災研究所等において，ボアホール型の火山観測施設を整備する際に，観測用ボアホールを掘削するにあたりボーリングコアを採取したことである。採取したコアは，岩石学的分析や年代測定を含む地質学的手法により解析され，それぞれの火山の噴火史やマグマ供給系に対して新たな知見をもたらした（宇都・他，1999；宮地・他，2001；酒井・他，2003；宇都・他，2005b；山本・興水，2007 など）。

5.2. コア解析グループによる解析成果

今回，気象庁が全国 47 地点にボアホール型火山観測施設を整備するにあたり，ボーリングコアの解析成果を火山噴火予知研究及び火山防災対策に役立てるため，観測用ボアホールの掘削に先立ち全 47 地点で調査ボーリングを行い，コア採取と各種検層（検層結果は本報告書にも掲載）を実施した。今回の試みは，合計 47 本の全国規模で採取したボーリングコアを同時に記載した点，火山噴火予知連絡会コア解析グループとして対応した点において，これまでにない取り組みとなった（火山噴火予知連絡会コア解析グループ・気象庁地震火山部，2010）。

47 地点から採取したボーリングコアの総延長は，約 4,800m に達する。掘削長の半分以上が基盤岩であったのは 5 地点であり，厚い溶岩流，火砕流堆積物や土石流堆積物等が掘削長のかなりの部分を占めた地点があるとはいえ，各火山の噴出物及びその二次堆積物を効率的に捉えたといえよう。

さらに，個別火山担当者による一次記載の結果，47 地点のボーリングコアのうち約 3 割からは，従来記載されていなかった火山噴出物が見出された。それら以外のボーリングコアについても，これまでの研究により明らかにされている火山噴出物が確認されたものが数多い。一部はその後の堆積物に広く覆われてしまい地表での露頭分布が限られる火山噴出物であり，その地点での層厚が判明したことで火山噴出物の体積見積もりに役立つ場合もあり，また，その火山噴出物の分布標高が明らかとなったことで火山噴火史及び噴火休止期環境の推定に役立つ場合もあった。詳細は，個別火山担当者による一次記載結果（本報告書 p.25～391）や今後の学会発表・投稿論文を参照されたい。

これらの結果により，観測孔掘削であってもボーリングコアを採取し，解析することの重要性が改めて示されたものと考えられる。

5.3. 今後の展望

これまでの事例や今回のコア解析グループによる解析成果をもとにすると、火山観測側施設整備のために採取したボーリングコアを研究者が記載し、噴火史の高精度化に役立てようとする取り組みは、火山学的知見を増やしていくうえで極めて重要である。したがって、火山観測施設整備時のボーリングコア採取を含む火山地域でのボーリング調査を今後も推進すべきである。

また、今回採取したボーリングコアのうち産業技術総合研究所のコアライブラリー（コアライブラリー運営委員会，2004）に試料登録されたものについては、所定の手続きにより研究試料として利用可能となる。これらの試料が、将来にわたり学術的に活用されることが望まれる。

【引用文献】

- 科学技術・学術審議会 (2007) 地震及び火山噴火予知のための観測研究計画の推進について (建議). 69p.
- 火山噴火予知連絡会コア解析グループ・気象庁地震火山部 (2010) 気象庁孔井型火山観測施設整備時に採取したボーリングコアの記載について. 日本火山学会 2010 年度秋季大会講演予稿集, 102.
- コアライブラリー運営委員会 (2004) 地質調査総合センター (GSJ) コアライブラリー. 地質ニュース, 598, 30-32.
- 宮地直道・高橋正樹・松田文彦・前澤有祐・安井真也・千葉達朗・鶴川元雄 (2007) 富士第 5, 第 6 火山観測施設のボーリングコアの層序と岩石化学的特徴. 防災科学研究所研究報告, 70, 9-28.
- Nakada, S., Uto, K., Sakuma, S., Eichelberger, J. C. & Shimizu, H. (2005) Scientific Results of Conduit Drilling in the Unzen Scientific Drilling Project (USDP). *Scientific Drilling*, 1, 18-22.
- 酒井英男・渡辺勝也・井口 隆 (2003) 磐梯火山のボーリングコアを用いた岩屑なだれ堆積物の岩石磁気学的研究. 防災科学研究所研究報告, 64, 19-47.
- 宇都浩三・味喜大介・内海 茂・石原和弘 (1999) 桜島火山ボーリングコアの K-Ar 年代と古地磁気測定—火山活動史解明への複合的取り組み—. 京都大学防災研究所年報. 42(B), 27-34.
- 宇都浩三・藤井敏嗣・中田節也・星住英夫 (2005a) 火山体の内部を探る：科学掘削の重要性. 火山, 50 (特別号), S273-S288.
- 宇都浩三・味喜大介・Nguyen, H.・周藤正史・福島大輔・石原和弘 (2005b) 桜島火山マグマ化学組成の時間変化. 京都大学防災研究所年報, 48(B), 341-347.
- 山元玄珠・興水達司 (2007) 富士山の溶岩と吉原観測井ボーリングコアの火山岩の対比. 富士山研究, 1, 11-16.

(執筆担当：気象庁)