

雲仙科学掘削プロジェクト

— 活火山の中を覗く —

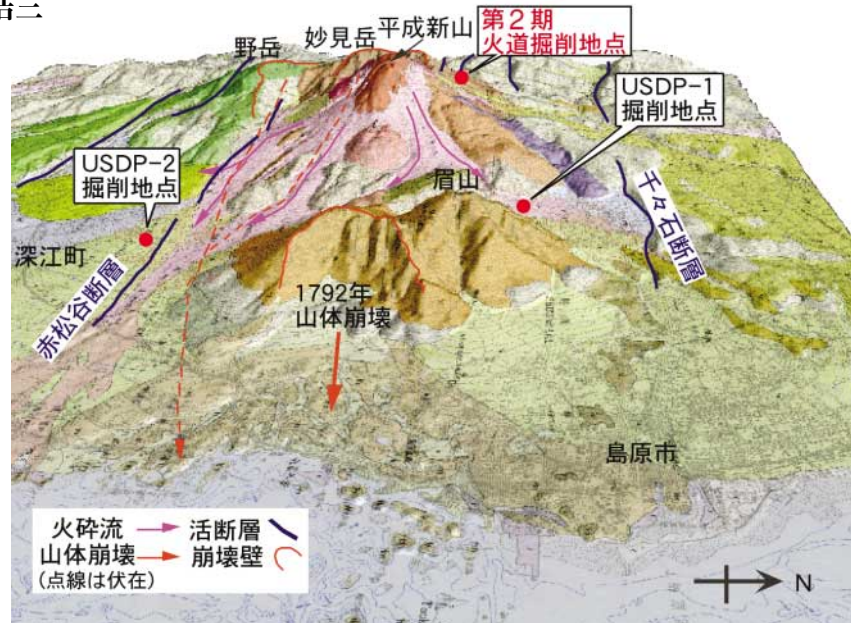
地球科学情報研究部門 宇都 浩三

科学掘削とは

地球科学とは、地球の成り立ちおよび現在の姿を理解し、地球の将来を予測する学問である。従って、地球の歴史を知ることは大変重要である。また、地球科学は地球の内部を知る学問でもあり、我々は常に地面の下がどのような姿をしているかを知ろうと努力を続けている。地面の下に何があるかを知るためには、地震の波の伝わり方とか、電気の流れ方とか、重力分布とかの物理学的な方法を用いるのが一般的である。これは、医師が聴診器、レントゲンやMRIなどの様々な手段を使って、体の外側から体内の状態を探るのに似ている。しかし、これでは地下がどうなっているのかを直接岩石を取って知ることにはならない。医師が開腹手術や内視鏡を使って体の中がどうなっているかを調べるように、我々は地面に穴を掘って地下の岩石を直接採取する。これが掘削、あるいはボーリングである。通常、ボーリングは、地下にある金属資源、石油、温泉、地下水、蒸気などの有用な資源の探査や採取のために行われる。これに対して、純粋に科学的な目的でボーリングを行うことを科学掘削という。科学掘削により、地下に埋もれた岩石を採集し、地下の様子や歴史を知ることは、大がかりで多額の費用を必要とするが、直接的で大変強力な研究手段となった。陸上での科学掘削を推進するため、1999年に国際陸上掘削計画(ICDP)というドイツに本部を持つ国際研究組織が設立され、活発な国際研究協力活動が始まった。

雲仙科学掘削プロジェクトの概要

雲仙火山は、九州中央部を南北に並ぶ多くの活火山列から西側に約



● 図1：雲仙火山の三次元地質図と科学掘削地点

60km 離れた例外的な活火山であり、その直下では、沈み込むフィリピン海プレート由来の深い地震は全く起こらず、対照的に、地殻内部での浅い微小地震が群集して発生している。雲仙火山の中央部をたくさんの正断層が東西に走っており、断層運動により雲仙火山の中心部は現在も年間2mmの速度で沈降し続けている(図1)。このように、雲仙火山は、琉球弧の背弧にあって、噴火による山体成長と断層運動による山体の沈降を繰り返す、やや特殊な火山である。

その雲仙火山は、約200年間の休止期を経て、1990年から95年の5年間という非常に長い期間にわたり噴火活動を行い、残念ながら火砕流により合計で44名の尊い人命が失われた。しかし、長い火山活動の中で、多くの火山観測によりマグマの動きや噴火のメカニズムについて多くの知見が得られた。噴火の約1年前頃から雲仙火山の西側の地下10kmで地震が起こり始め、震源は東に移動しながらだんだん浅くなり、ついには噴火が開始した。明瞭な前兆現象

のあとに噴火活動が始まり、噴火中も溶岩ドームの下での低周波地震や微動の発生や山体膨張などの様々な火山現象を捉えることができた。これにより、マグマの上昇の経路や仕組みに関する優れたモデルが提出されたが、いずれも地表での観測結果から地下の様子を推定したものであり、医師が種々の方法で体の外から体の中を診断するのと同じようなやり方であった。

観測で得られたモデルを確かめるために、予想されるマグマの通路(火道)まで掘削し、周辺の岩盤の様子を探りながら未だ400℃を超えると推定される固結したマグマを取り出そう、つまり解剖学的に生きている火山の中を覗いて診断しよう、という提案が、東京大学地震研究所の中田節也教授とアラスカ大学のJohn Eichelberger教授により提案された。これを受けて1997年に島原市で国際ワークショップが開かれ、世界中の研究者が参加してその科学的意義が検討された。その結果を受けて、科学技術庁(当時)に対して研究提案を行ったところ、1年間の

フィジビリティスタディのあと、平成11年度から6年計画で科学技術振興調整費総合研究「雲仙火山：科学掘削による噴火機構とマグマ活動解明のための国際共同研究」として研究がスタートした（図2）。本プロジェクトは、産総研をはじめ、東京大学地震研究所、九州大学地震火山研究センターなど、日本の14の研究機関が参加するとともに、米国地質調査所、アラスカ大学、ミュンヘン大学などの外国の研究機関も参加する国際的なプロジェクトであり、ICDPからも掘削費用の一部が拠出される予定である。私が、科学技術振興調整費総合研究の研究代表者を務めていることから、産総研地質調査総合センターはプロジェクト（特に前半3年間）の中心的な役割を担うこととなった。

本プロジェクトは、第1期、平成11～13年度と第2期、平成14～16年

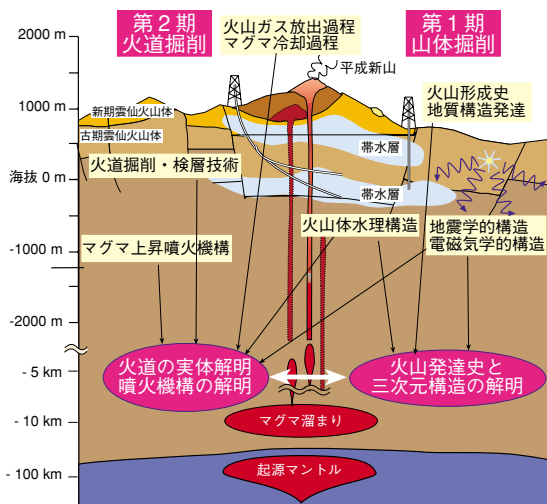
度に分かれる（図3）。第1期では、雲仙火山成長史の解明を主目的とし、南東側および東側山麓の2箇所750mおよび1,460mの山体掘削および放射年代測定、岩石学的研究を行うとともに、各種地球物理学的手法を用いた雲仙火山を含む島原半島の三次元構造の解析を行った。また、マグマの上昇・脱ガスプロセス解明のための岩石学的地球化学的研究、さらには第2期で実施予定の火道掘削のための最適な掘削地点および掘削手法の検討などを実施した。今年度から開始した第2期では、未だ高温状態を保っている1990～95年噴火のマグマの通路である火道を掘り抜くという、世界でも例を見ない画期的な掘削をいよいよ開始する。これは、科学技術振興調整費を中心に、ICDPからの資金援助を得て、東京大学地震研究所の中田節也教授を主席研究者とした国際的なプロジェク

トとして実施される。火道掘削およびそれにより採取された試料、得られた地球物理学データによるマグマの上昇・噴火機構の研究のほか、第1期で実施した山体掘削のコアや地球物理学的観測データの解析を推進し、雲仙火山および島原半島全体の発達史、三次元構造に関する総合モデルの構築を目指す。

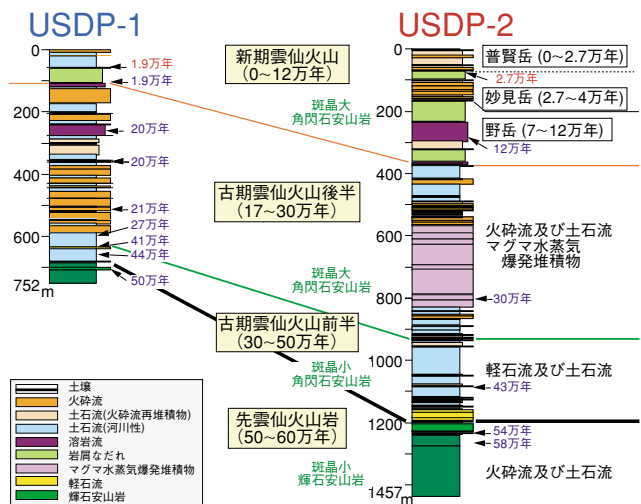
山体掘削による火山成長史の解明

第1期では、産総研の研究分担として、雲仙火山の三次元構造と噴火成長史の解明のために、2本の山体掘削を、雲仙火山南東側山麓（USDP-1）と東側山麓（USDP-2）において実施した（図1、4）。

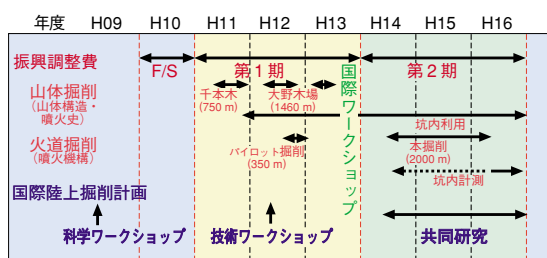
雲仙地溝の北端に近い島原市千本木地区において750mの深さまで掘削したUSDP-1では、当初の予想通り地表から700mの所で雲仙火山の底に達し、その下に雲仙火山の形成直前に噴出した50万年前の火山噴



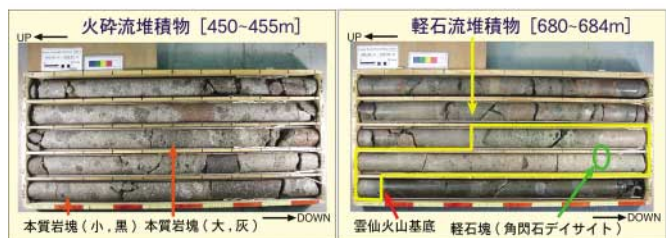
● 図2：雲仙科学掘削プロジェクトの研究スキーム



● 図4：雲仙火山第1期山体掘削のコア柱状図（星住ほか、未公表資料）



● 図3：雲仙科学掘削の研究スケジュール



● 図5：掘削コア写真の一例（USDP-1 コア）

出物を発見した。一番古い雲仙噴出物は、最近の噴火では全く認められない軽石質火砕流堆積物であり、雲仙火山の誕生直後には、現在とは異なる爆発的な噴火が起こったことが明らかとなった(図5)。また、約20万年前には、1~2万年の間に20回以上も繰り返し火砕流を発生させる噴火が起こっていたことも判明した。これまでの地表の地質調査では、20万年前頃には、厚さ数十mを超えるような厚い溶岩流を主体とする噴火が繰り返したと推定されていた。しかし、実際は火砕流が繰り返し発生していたわけで、雲仙火山の噴火の歴史において1990~95年噴火のような火砕流噴火は特殊なものではなく、むしろ一般的であったことが明らかとなった。また、低い土地に堆積する火砕流堆積物や土石流堆積物が、1~2万年間のうちに500m以上も厚く堆積したことから、雲仙地溝は20万年前には、活発な火山活動と連動して大きく沈降したことも示唆される。

東側山麓のUSDP-2地点(写真)は、雲仙地溝の中軸部にあって最も沈降量が大きく、繰り返し供給された過去の噴出物が1,000m以上も堆積していると推定されていた。掘削の結果、事前の推定よりも100mほど深い地表から約1,200mの深さで雲仙火山の底にあたり、その下にやはり50万年前の輝石安山岩が分布していた。この掘削においても、溶岩流はわずかしか出現せず、火砕流堆積物およびその再堆積物である土石流堆積物が大半を占めており、雲仙火山が火砕流を主体とした噴火の繰り返しで成長したことが再確認された。この掘削のコアについては、現在も詳細なK-Ar年代測定を継続中であり、雲仙火山の50万年の歴史を詳細に解明する研究が行われている。

一般普及活動

多数の犠牲者と被害を出した場所での掘削という大がかりな研究を行う

にあたり、地元の方々に理解と協力を得ようと様々な努力を行った結果、暖かい支援と積極的な興味を持って頂いている。平成11年度と12年度には、一般普及のための掘削現場公開を行い、あわせて500名以上の見学者があった。平成14年1月には、島原市において一般普及講演会を行い、100名以上の市民が参加して研究第1期の成果と第2期の展望について熱心に聞いて頂いた。さらに、平成14年7月に島原市に開館した島原災害復興記念館には、本プロジェクトの研究成果の展示コーナーが設けられ、今後末永く市民の方に見てもらえる予定である。

我々は、企業技術者への成果普及も心がけており、2回のコア観察会を産総研の公式講習会という形で実施した。最近では、火山防災の重要性が高まりつつあり、特に高密度の物質の流れである火砕流と土石流の堆積物の識別法が地質技術者の間でも重要な課題となっている。講習会には、合計で約75名の主に地質コンサルタント会社の技術者が参加し、掘削コアを観察するとともに、その判別法について熱心な討議が行われた。

また、本プロジェクトはNHKの「おはよう日本」の日曜特集や大手新聞の全国版などで紹介されるなど、研究の概要や進捗状況を多数の報道機関に繰り返し紹介され、一般市民から注目を集めると共に、地質コンサルタント、石油ならびに地熱

掘削、資源エネルギー関連など多くの民間企業からも高い関心が寄せられている。

今後の展開

今年度より本プロジェクトも後半の第2期に入り、いよいよ来年の1月からは2年間の火道掘削を開始する。これは、雲仙火山の北側斜面の海拔840mの地点から真南に約1.5km掘り進み、海拔0m付近で1990~95年噴火の際のマグマの通路である火道に到達しようというもので、世界に例を見ない挑戦的な掘削である。掘削で得られた試料や資料は、世界中の共同研究者に配られ、様々な角度からの研究が展開される予定である。掘削の主体は産総研を離れて、東京大学地震研究所の中田節也教授を中心に、東北地熱エネルギー株式会社が掘削する予定であるが、プロジェクト全体の研究代表者は引き続き私が務め、産総研はその中心的役割を担い続ける予定である。特に、第1期の山体掘削コアを用いた研究を引き続き継続し、雲仙火山の成長史と三次元構造に関する総合的なモデルの構築を行う。また、山頂から放出される火山ガスの研究や雲仙火山の山体を流れる地下水の流動に関する研究も行い、マグマからの揮発性成分元素の脱ガスと移動に関する研究も継続する予定である。2年半後には、雲仙火山は世界でもっとも詳細に調べられた火山となり、将来の噴火予知につながる重要な研究成果が得られると期待される。



●写真：USDP-2掘削地点(長崎県深江町大野木場)と平成新山ドーム