

## 雲仙火山体掘削井における物理検層および応力測定

### Geophysical logging and in-situ stress measurements in the Unzen flank drilling

# 池田 隆司[1], 小村 健太郎[2], 松田 達生[1], 山本 俊也[3]  
# Ryuji Ikeda[1], Kentaro Omura[1], Tatsuo Matsuda[1], Toshiya Yamamoto[2]

[1] 防災科技研, [2] 防災科研, [3] 物理計測  
[1] NIED, [2] GSC

#### 1. はじめに

雲仙火山科学掘削計画における「山体掘削」では、主として雲仙火山発達史と山体物理構造を明らかにするのが目的であるが、引き続き「火道掘削」に向けたパイロット的役割もある。既に2本の掘削孔井、南千本木孔(UZ-1, 深度750m)と大野木場孔(UZ-2, 深度1400m)で一般検層や水圧破壊法による応力測定、注水・温度回復試験などを実施した。その結果、グラーベン構造に特徴的な応力状態や浅層における高温層の存在などが見出された。これらの構造や岩石物性などに関する情報、および測定の経験から、「火道掘削」ではより掘削と一体となった孔内計測の技術的戦略が必要であろう。

#### 2. 物理検層

南千本木孔(UZ-1)の地質は、火砕流堆積物と土石流堆積物が卓越する。そこに、幅10-20mのブロック状溶岩や幅数mの軽石流堆積物が狭在する。大野木場孔(UZ-2)も同様に土石流堆積物と岩なだれ層が互層となって現れるが、600m-800m付近にはマグマ水蒸気爆発堆積物が広く分布する(Uto et al., 2000, 2001)。孔内物理検層の結果は両孔井とも類似しており、比抵抗値、10-1,000 Ohm-m; P波速度、2.5-4.0 km/sec; 密度、2.2-2.3 g/cc, ガンマ線強度、70-100 API, 孔底温度、47度C(UZ-1), 33度C(UZ-2)である。ポアホールテレビュア(BHTV)の結果では破碎帯や崩壊箇所がはっきりと識別される。UZ-2の深度900mまでの7,000本あまりのフラクチャーを解析し、全体として東西方向に60-70度で高角度で傾斜するフラクチャーが優勢であることが見いだされた。火砕流や堆積物が高角度で流下したことが分かる。UZ-2では深度900mから1160mの区間において、帯磁率を測定した。帯磁率のピークは土石流堆積物の中にあり火砕流堆積物にはない。また、比抵抗と相関がありそうだが、非常にポーラスな軽石流のような場合は相関がなくなる。

#### 3. 注水試験

UZ-1孔では、注水・温度回復試験により透水性、温度分布特性などを把握した。光ファイバーケーブル型温度計により孔井内の連続温度分布を測定し、地表から深度約100mまでに周囲より温度の高い(max.37度C at 42m)層が発達していることが見いだされた。この温度プロファイルから、流体の循環、流動に関連して大きく次の3層が見いだされた。

- 1) 100mまでの高温流体の流動が卓越する流動層,
- 2) 100m-400mまでの一様温度の帯水層,
- 3) 下部熱源からの熱伝導で規定される堆積層。

UZ-2孔においても深度900mから1150mの裸孔部において、スピナー検層および温度回復試験を実施した。その結果、945m付近に吸い込みの激しいフラクチャーゾーンが確認され、水位を-200mより下げる原因になっていると推定される。しかし、孔壁状態が悪く、それ以深における加圧試験や、温度の連続測定は実施できなかった。

#### 4. 応力測定

UZ-1孔では、水圧破壊法による応力測定を実施した。地層や孔壁の状態を把握して水圧破壊箇所を選定する上で、BHTVおよび孔径検層は欠かせない。実験を実施した5箇所のうち、2箇所では既存の亀裂による影響があったと思われるが、残り3箇所では応力値が求められた。425.7m, 538.2m, 703.5mのそれぞれの深度において、 $SH_{max} = 6.3\text{MPa}$ ,  $11.7\text{MPa}$ ,  $15.6\text{MPa}$ ;  $SH_{min} = 5.9\text{MPa}$ ,  $8.6\text{MPa}$ ,  $11.4\text{MPa}$ と求められた。後者2深度の $SH_{max}$ の値は、密度2.2g/ccと仮定したときの垂直応力に近い値である。最大水平圧縮応力( $SH_{max}$ )の方位は、425.7mのBHTV検層により検出され、西南西-東北東( $S60W \pm 15$ 度)と求められた。この方位は別府-島原グラーベンにはほぼ平行な方位であり、また極浅発地震の発震機構から推定される圧縮軸の方位と調和的である。南北方向の張力が、グラーベン構造に現在も作用していることが実証された。

「火道掘削」においても、BHTVやFMIなどによるフラクチャー解析、注水試験時の温度/圧力/流速測定によるフラクチャーの透水特性、原位置応力測定などが重要となる。特に、孔井周辺の応力状態は、安全な掘削/ケーシングプログラムを計画するための安定解析にも欠かせない。