

R003-10

Zoom meeting A : 11/3 AM1 (9:00-10:30)

9:45~10:00

阿蘇 2014 年マグマ噴火前後における地下比抵抗分布の推移

#石橋 桜¹⁾, 宇津木 充²⁾, 南 拓人³⁾, 井上 寛之²⁾

(¹⁾京大・理, (²⁾京大・理・火山研究センター, (³⁾神戸大理

Distribution of subsurface resistivity before and after the Aso 2014 magmatic eruption

#Sakura Ishibashi¹⁾, Mitsuru Utsugi²⁾, Takuto Minami³⁾, Hiroyuki Inoue²⁾

(¹⁾Kyoto Univ., (²⁾Aso Vol. Lab., Kyoto Univ., (³⁾Kobe Univ.

Knowledge of the subsurface hydrothermal system of volcanoes leads to understanding the mechanisms of phenomena such as phreatomagmatic explosions. The purpose of this study is to estimate the changes in the state of the subsurface hydrothermal system of the first crater of Nakadake, Aso volcano, from the changes in the subsurface resistivity distribution. Kyoto University has conducted ACTIVE observation, a kind of electromagnetic survey method, around the Nakadake first crater. In this study, we estimate the resistivity changes beneath the Nakadake first crater from the data obtained from February 2013 to August 2015 including the period of the 2014 Aso magmatic eruption.

In this study, we obtained the subsurface resistivity by inversion based on the method of Minami et al. (2018) using the ACTIVE data. Around the Nakadake craters, ACTIVE observations were carried out 7 times from February 2013 to August 2015, including the period of the 2014 eruption spanning from November 2014 to May 2015. Using these data, we calculated the subsurface resistivity structure at each observation time and estimated the resistivity change by taking their differences. We also reanalyzed the data used by Minami et al. (2018).

In the inversion by Minami et al. (2018), a tetrahedral mesh reflecting the local topography is first created. We then divide the subsurface calculation domain into large blocks with the dimensions of about 300m x 300m x 100m and assign one model parameter, i.e. resistivity value, to each block respectively. The subsurface domain far from the crater zone is considered as a single block. This grouping reduces the number of unknown model parameters. The inversion calculation is done with the aim of minimizing the sum of the data misfit term, and the roughness term which determines the smoothness of the model. In the inversion, it is necessary to give an initial model, which is also used as the reference model. In our study, the calculation was carried out by 1) changing the initial model and 2) choosing whether to include the outermost block as an unknown model parameter in the inversion. First, we used the AMT resistivity model obtained from Kanda et al. (2018, JpGU) as the initial model. The resistivity model for each observation period was calculated by inversion of the data obtained from the repeated observations. It was found that the inversion result for January 2014 resulted in the lowest residual regardless of whether the outer block was included as a model parameter. This model was used as a reference model of our second inversion, and the results of four different inversion results were finally obtained, namely two initial models with or without the outermost block model parameter.

The differences in the calculation methods described in the previous section did not change the structure of the resultant resistivity significantly, although there were some trivial differences. We then chose the model obtained with the second initial model with inclusion of the outermost block model parameter as our optimal model, and focused on the subsurface structure zone between 500m and 850m above sea level just below the Nakadake first crater. 1) From February 2013 to January 2014, the resistivity decreased from shallow to deep zones just below the crater. 2) From January to August 2014, this low resistivity zone enlarged. 3) From August to November 2014, the resistivity increased in a region below the crater. 4) On the other hand, from November 2014 to August 2015, the resistivity continued to be higher in a wider region, but the amount of change was smaller than in the previous period, and on the west side of the first crater, a conspicuous zone with lower resistivity appeared. A possible interpretation of the resistivity changes described above is as follows; 1) Even during the quiet period with the crater lake, the gases and volcanic fluids rise through the crack and its components dissolve into the water in the aquifer. Thus, the resistivity became low below the first crater.

2) As the volcanic activity increases, the supply of gases and volcanic fluids increases, and 3) the magma rises just before the eruption, and as the result, the temperature and the vapor pressure of the groundwater increase. Then, bubbles of gas intermingled with groundwater. 4) After the magmatic eruption ended, temperature and the vapor pressure of the groundwater made gradient and the bubbles disappeared from outside, so groundwater became just low resistivity fluids.

In our presentation, we will present the details of our analysis, including the resistivity model obtained for each period, results of the sensitivity calculations, and in addition, we will talk about new observation.

火山の地下熱水系についての知見を得ることは、水蒸気爆発などの現象のメカニズムを理解することにつながる。本研究では、阿蘇火山中岳第一火口の 2014 年マグマ噴火前後における地下比抵抗分布の推移から、地下熱水系の状態変化を推定することを目的とする。京都大学では、阿蘇中岳火口周辺において電磁探査法の一つである ACTIVE 観測 (Utada et al., 2007) を行っている。本研究では、2014 年噴火及びその前後の 2013 年 2 月~2015 年 8 月の期間で得られた ACTIVE データから中岳火口地下の比抵抗変化を推定した。

本研究では、ACTIVE から得られた観測データを元に、Minami et al. (2018) の手法に基づいてインバージョンを行い、地下比抵抗構造を求めた。阿蘇中岳火口周辺では、2014 年マグマ噴火の期間 (2014 年 11 月- 2015 年 5 月) を含む 2013 年 2 月から 2015 年 8 月にかけて 7 度 ACTIVE 繰り返し観測が行われた。これらのデータを用い、各観測時期における地下比抵抗構造を個別に求め、それらの比較から比抵抗時間変化を推定した。尚、この計算では Minami et al. (2018) で求められた期間についても再解析を行った。

Minami et al. (2018) によるインバージョンでは、初めに地形データを反映した四面体メッシュを作成する。その後、対象領域をブロックに分割し、各々のブロックに含まれる四面体をグルーピングし、同じグループに属す四面体が同一の比抵抗値を持つと仮定する。さらに火口よりも十分遠い領域は一つのブロックとして考える。これにより実質的な未知変数の数を減らす。インバージョン計算は、データと順計算結果の残差項と、モデルの滑らかさを決定するラフネス項の和を最小とすることを目的として計算した。この計算では最初にモデルベクトルの初期値を与える必要があるが、今回は、(i) どのモデルを初期モデルとして採用するか、及び、(ii) 一番番外側のブロックの比抵抗値 (以下、外側比抵抗値) に変化を許すか、の 2 点を変えた計算を行った。まず、初期モデルに、Kanda et al. (2018, JpGU) による AMT 観測データを用いた 3 次元インバージョンから得られた比抵抗モデルを用いた計算を行った。7 回 (2013/2、2014/1、2014/5、2014/8、2014/11、2015/2、2015/8) の繰り返し観測によって得られたデータをインバージョン計算し、各々の観測時期における比抵抗モデルを求めた。それぞれ外側比抵抗値を変化させた場合とさせなかった場合の両方について計算したところ、いずれについても 2014 年 1 月の計算結果が残差最小となった。これを参照モデルとして再度計算を行い、最終的に 4 通りの計算方法による結果を得た。

前節の計算方法の違いによって、細かな違いはあるが大局的な構造は変わらなかった。今回は、外側比抵抗値の変化を許して得たモデルを参照モデルとして、外側比抵抗値を固定したインバージョンを再度行い、得られた結果を最適解と見做して解釈する。火口直下の海拔 500m から 850m の領域に注目して解釈する。☒ 2013 年 2 月から 2014 年 1 月にかけては火口直下の深さ方向に広い領域で抵抗値が低くなった。☒ 更に 2014 年 1 月から 2014 年 8 月にかけてこの低抵抗化領域が広がったことが分かった。☒ 2014 年 8 月から 2014 年 11 月にかけては火口周りの広い領域で高抵抗化した。☒ これに対し 2014 年 11 月から 2015 年 8 月にかけては、広い領域で高抵抗化は継続するものの前の期間よりは変化量が小さくなり、第一火口の西側では逆に顕著な低抵抗化領域が現れた。これらの比抵抗変化は、以下のように解釈できる。☒ まず、火口湖の存在する静穏期であっても噴火に向けて火山性ガスや火山性流体がクラックを通じて上昇してきており、その溶存成分が帯水層の水に溶け込む事で火口直下の地下水が低抵抗化する。☒ この後活動度が高まるにつれてガス、火山性流体の供給量が増加し、☒ さらに噴火直前にマグマが上昇する事により地下の温度が高まる。これにより地下水の蒸気圧が上昇し溶けきれなくなったガスが気泡状に地下水中に混在する状態となる。☒ マグマ噴火が収束すると、地下の熱量が下がり、温度勾配ができることによって外側の方から気泡が消え、単なる高導電性流体となる。本発表では、感度計算や新たな観測点の増設についても述べる。

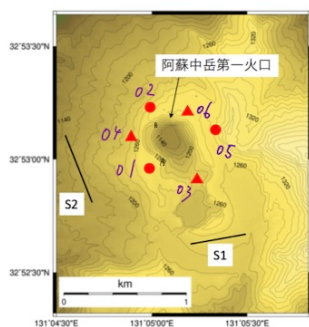


図 2. ACTIVE観測点展開予定図.