

( 1 ) 実施機関名：

京都大学理学研究科

( 2 ) 研究課題(または観測項目)名：

比抵抗連続観測による阿蘇中岳火口浅部熱水系モニタリングの高度化

( 3 ) 最も関連の深い建議の項目：

1. 地震・火山現象予測のための観測研究の推進

( 1 ) 地震・火山現象のモニタリングシステムの高度化

イ. 地震発生・火山噴火の可能性の高い地域

( 4 ) その他関連する建議の項目：

( 5 ) 本課題の 5 か年の到達目標：

火山噴火の多様性を普遍的に説明できるモデルを構築するには、現象を高精度にモニターする事が必要である。特に、地下浅部における火山性流体の挙動は火山学にとって本質的に重要である。マグマが上昇して地下熱水系に到達する、あるいはある深さでマグマが上昇を停止し、マグマから分離した火山ガスが地下熱水系に到達するといった過程を把握することが、噴火予測の高精度化に求められている。こうした現象に伴う地下火山性流体の状態変化を捉える為の観測手法を確立することは、火山噴火の多様性を理解する上で重要な情報であり、噴火予知の高精度化に大きく貢献する。本研究では、電磁気学的な手法を用い火山体浅部における火山性流体の状態変化を捉える事を目的とする。また、こうして得られる結果と、地震観測、地磁気観測、水位観測などから得られる結果と対応をとる事で、浅部熱水系の状態変化が火山活動とどのような対応を持つかを明らかにする。

近年、TDEM 法を基にした高精度・高時間分解能の浅部比抵抗連続観測システムが開発され実用化されている。平成 21 年度からの 5 か年において、阿蘇中岳火口周辺において、こうした観測システムを用いた観測点アレイを構築する。また、高時空間分解能での連続比抵抗モニタリングを実施し、火口直下の熱水だまりについて、これまでの研究から示唆される数か月単位の短いタイムスケールで生じる熱水系状態変化に伴う比抵抗値変化、領域の拡大・縮小を捉える。また、現在実施している地震観測、地磁気観測、水位・水温観測などの結果との比較から、熱・水収支モデルのパラメータの最適化を行いモデルの高精度化を行う。

( 6 ) 本課題の 5 か年計画の概要：

平成 21 年度：

平成 21 年度

比抵抗モニタリングの予備観測を実施し、観測・データ解析システム構築の為の、基礎的な情報を収集する事を主目的とする。

平成 22 年度

比抵抗連続観測システムを展開し、連続観測を実施する。

京都大学で行われている既存の研究・観測(地震観測、磁場観測、火口湖水位・温度観測による放熱量推定)を継続して行う。磁場観測の高度化を行う。現状の現地収録観測をテレメータ化し、より欠測の少ない観測データ取得を目指す。これにより、高い時間分解能で地下の熱の状態推移を推定する。

平成 23 年度

比抵抗連続観測及びその他の観測を継続する。

火口湖からの放熱量推定の高度化を行う。火口湖水位を連続的に測定するためレーザー距離計による観測を行う。無線温度計による火口湖水温連続観測を行う。

平成 24 年度

比抵抗連続観測及びその他の観測を継続する。

比抵抗観測から得られる結果を基に火口の浅部熱水系モデルを構築する。

平成 25 年度

比抵抗連続観測及びその他の観測を継続する。

抵抗観測から得られる浅部熱水系モデルについて、磁場観測、放熱量推定から得られる結果との比較・評価を行いモデルの高精度化を目指す。

( 7 ) 平成 24 年度成果の概要 :

平成 24 年度は、阿蘇火山中岳火口周辺において比抵抗連続観測システム ACTIVE を用いた繰り返し比抵抗モニタリングを継続実施した。また解析プログラムを作成しこれまでのデータを用いて構造解析を行い、地下比抵抗の時間変化を議論した。

阿蘇火山では 2011 年 5 月に小規模な噴火活動が見られた。2010 年末から第一火口の湯だまり量が減少し始め、2011 年 4 月にはほとんど火口底が干上がった状態となった。また同月下旬から 5 月初旬にかけて火山性微動の振幅が大幅に増加した後、降灰を伴う小規模な噴火が発生した。この噴火活動は 6 月上旬まで続いたがその後減退し活動は低調となった。同月下旬の梅雨の豪雨の後湯だまりが復活し、翌 7 月には 8 割、それ以降はほぼ 9 割を維持しながら火山活動が低調な状態が現在まで続いている。

23 年度には 4 月、5 月、7 月及び 9 月に、24 年度は 4 月にくり返し ACTIVE 観測を実施した。観測点分布は昨年度と同じものを用い、火口の北・約 1km に電流送信局を設置し中岳第一火口を囲む 4 点に磁場レーバ点を設置した ( 図 1 )。23 年度及び 24 年度の観測から得られたレスポンス曲線を図 2 に示す。この結果、第一火口南西の観測点については、低周波 ( 1 ~ 10Hz ) で小規模噴火を挟んだ時期 ( 4 月 ~ 7 月 ) にレスポンス関数の値が低下し、高周波 ( 50 ~ 100Hz ) では 6 月の梅雨期を挟んで低下、これに対し中間的な周波数 ( 20Hz ) では全観測期間中で変化が非常に小さいという結果が得られた。

これらの結果から地下比抵抗の時間的な変化を見積もるため、2011 年 4 月及び 9 月のデータについて 1 次元構造解析を行った。その結果 ( 図 3 ) の比較から、この期間中に地下 200 ~ 300m の領域で比抵抗が 100 m から 10 ~ 20 m へ低下、また地表 ~ 地下数十 m の浅部で 100 m から数十 m へ低下した事が分かった。この事から 2011 年 4 月 ~ 7 月に見られたレスポンス関数の低周波帯における変化が地下 200 ~ 300m の領域、5 月 ~ 7 月の高周波帯の変化が地表 ~ 地下数十 m の浅部における比抵抗変化に対応するものである事が分かった。

ここで、Kanda et al.(2008) による中岳火口周辺の高密度 AMT 観測の結果、第一火口地下に低比抵抗域が局在する事が明らかになり、その実体が地下のマグマだまりから供給される火山性流体の一部がトラップされて形成された熱水だまりであるとするモデルが提案されている。火口地下 200 ~ 300m の深度は、この低比抵抗域 ( = 熱水だまり ) の上端部に当たる。こうした事から 2011 年 4 月 ~ 7 月の時期でこの領域中の熱水に状態変化が生じていた事が示唆される。例えば、5 月の小噴火に先立ち深部からの火山ガス供給が増え、地下の熱水が気相卓越な状態となり高比抵抗を示していたものが、小規模噴火発生後にガス供給が減り、液相卓越となって比抵抗が低下した事が考えられる。

また、浅部比抵抗低下が生じた 5 月 ~ 7 月は、梅雨期の豪雨を経て湯だまりが再出現した時期に対応しており、湯だまりの出現による火口周辺での浅部比抵抗低下を検出する事ができた。このように、本研究における高精度電磁観測によって地下浅部の比抵抗時間変化が初めて捉えられた。

これらの他に地磁気連続観測等既存観測を継続して行った。

( 8 ) 平成 24 年度の成果に関連の深いもので、平成 24 年度に公表された主な成果物 ( 論文・報告書等 ) :

- 鍵山恒臣, 吉川慎, 宇津木充, 浅野剛, 阿蘇カルデラ北部における表層電気伝導度分布, 月刊地球, Vol.34, No.11, 650-658, 2012.
- Sofyan Y., 吉川慎, 鍵山恒臣, 大倉敬宏, 阿蘇火山における繰り返し重力測定による熱水流動のモニタリング, 月刊地球, Vol.34, No.11, 691-699, 2012.
- 寺田暁彦, 阿蘇火山中岳の火口湖「湯だまり」の火山学的理解, 月刊地球, Vol.34, No.12, 712-721, 2012.
- 宇津木充, 徳本直明, 鍵山恒臣, 井上寛之, 小森省吾, 浅野剛, 小山崇夫, Active 観測から見た阿蘇中岳火口周辺の浅部比抵抗変化, 月刊地球, Vol.34, No.12, 738-744, 2012.

( 9 ) 平成 25 年度実施計画の概要 :

H25 年度においても繰り返し Active 観測を継続実施する。この観測を通して、年周期的な比抵抗変化が見られないかを確認する。このため、1~2 か月おきに繰り返し観測を実施する。こうした観測から、阿蘇火山の活動状況が変化した際により詳細な地下比抵抗変化の議論・解釈が可能となる事を目指す。また現在の解析プログラムは地形の効果などを考慮できないプレリミナリーなものであるため、3次元解析を含め解析プログラムの高度化を行い、深さ方向の解像度・精度向上を目指す。これらを通し、特に 2011 年小噴火に伴う比抵抗変化をより詳細に議論し、中岳火口地下の熱水モデルの高度化を目指す。

( 10 ) 実施機関の参加者氏名または部署等名 :

担当者 : 宇津木充 (京大・理)  
参加者 : 鍵山恒臣、大倉孝宏、吉川慎、井上寛之 (京大・理)、神田径 (京大・防災研)  
この他に、当施設の機関研究員、京都大学の大学院生 (2~3) 名が参加する。  
他機関との共同研究の有無 : 有  
小山崇夫 (東大・地震研)

( 11 ) 公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署等名 : 京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設火山研究センター  
電話 : 0967-67-0022  
e-mail : utsugi@aso.vgs.kyoto-u.ac.jp  
URL : <http://www.vgs.kyoto-u.ac.jp/>

( 12 ) この研究課題 ( または観測項目 ) の連絡担当者

氏名 : 宇津木充  
所属 : 京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設火山研究センター

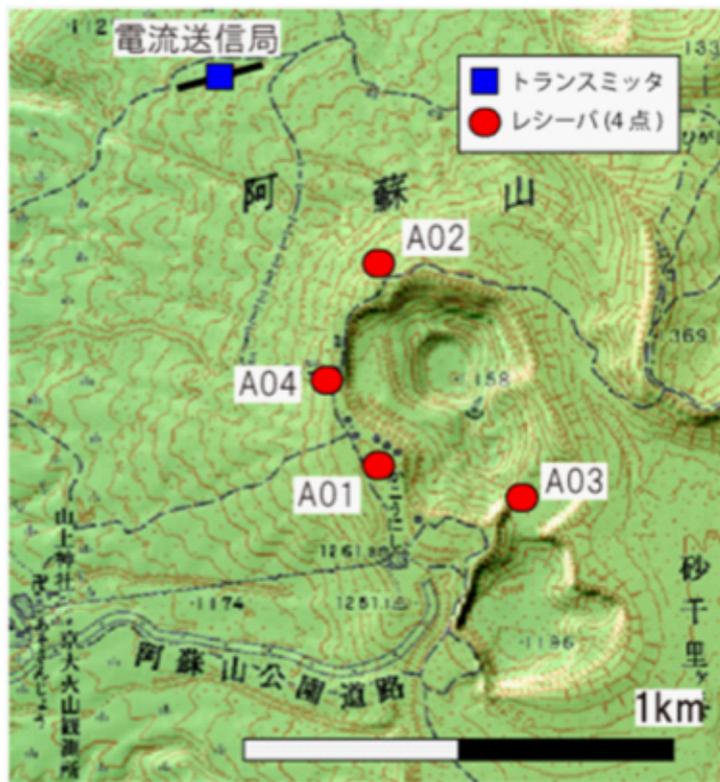


図 1. 観測点配置

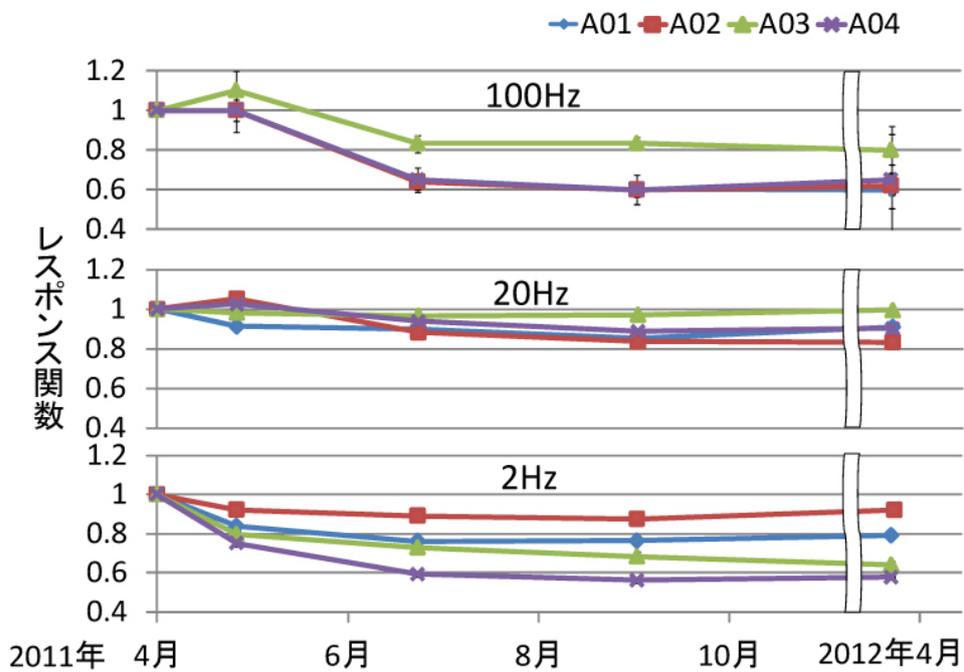


図 2. 2011年4月～2012年4月までのレスポンス関数の時間変化

# A01

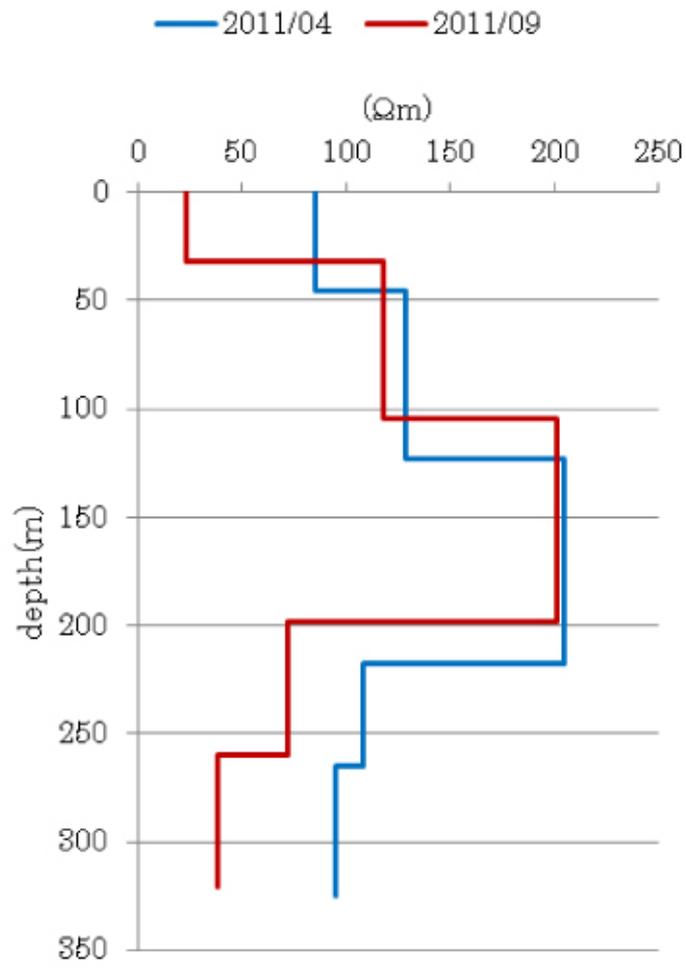


図 3. 一次元解析より得られた第一火口西側 ( Site A01 ) における地下比抵抗構造