

阿蘇山における自然電位観測(2009年3月)

北海道大学理学研究院 長谷 英彰

1. はじめに

阿蘇山は、噴火活動がなく比較的静穏期の現在においても、活発な噴気活動が中岳火口に定常的に存在し放熱活動が継続している。中岳第1火口には、湯だまりと呼ばれる湖水温度が 50°C を超える高温な火口湖が存在しているが、この火口湖は深部からの火山流体の供給によって維持されていることが示唆されている¹⁾。また吉岡温泉周辺では2006年に地熱活動の高まりに伴い噴気量が増加するとともに新たな噴気孔が形成され、地熱活動が活発化した²⁾。

このような活動的火山において火山流体の挙動を調べることは、今後の火山活動の推移を把握する上で重要であり、噴火に向けた準備過程や火山体内部の地熱貯留層を評価する上でも重要である。本研究では、現状の阿蘇山内部の熱水系の把握や推移を評価する目的で、中央火口丘を南北に横切る測線で自然電位の繰り返し測定を行った。また2006年に地熱活動の活発化がみられた吉岡温泉周辺地域においても繰り返し測定を行い、この地域の地熱活動の変化と自然電位の関係について検討を試みた。

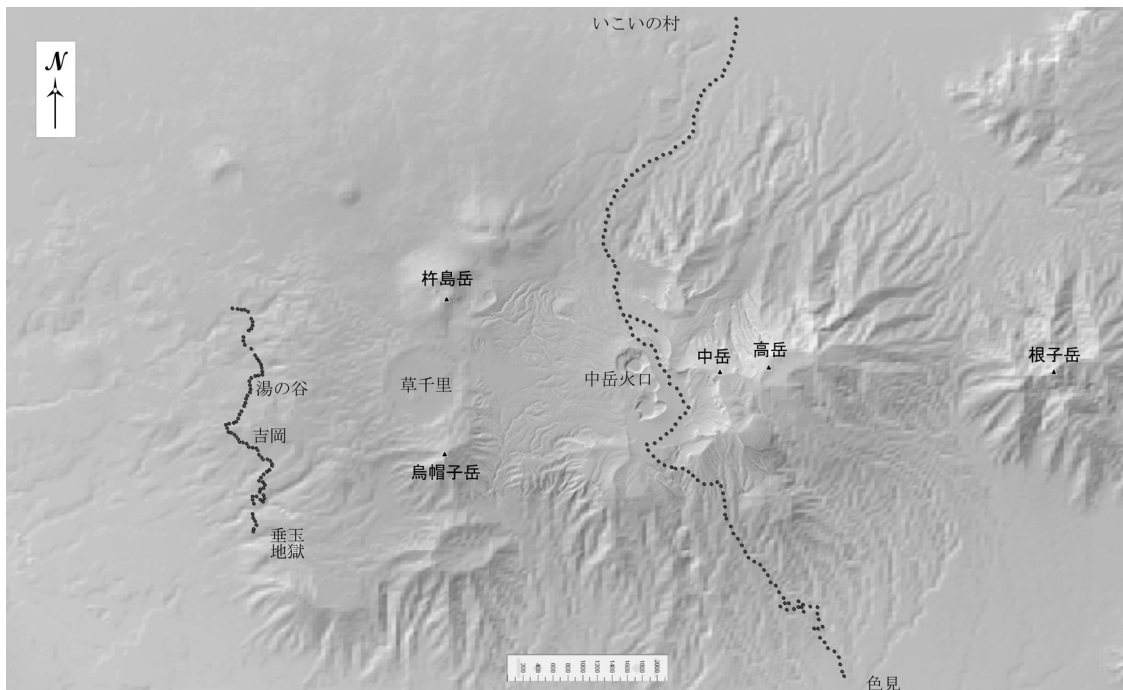


図 1. 自然電位の測定点(黒丸)。測定は火口近傍を南北に横切る中央火口丘測線と、吉岡地域を南北に横切る吉岡測線で行った。

2. 自然電位測定の概要

測定は2009年3月5日から3月10日にかけて中岳火口近傍を南北に横切る測線(中央火口丘測線)と吉岡温泉を南北に横切る測線(吉岡測線)で行った。測定は、基準電極から繋げた電線を測定点ごとに順次伸ばして測定する方法で行い、測定間隔は中央火口丘測線で100m、吉岡測線では局所的な変化を正確に捉えるため50m間隔で行った(図1)。測定電極は平衡電極である銅-硫酸銅電極を用い、大地との接地を良くするため電極と大地の間にベントナイトを挟んで測定を行った。測定値の計測は、高入力インピーダンス(1000MW)のSANWA製デジタルマルチテスターRD701を使用し、一測定点につき少なくとも三箇所以上の測定を行い、ノイズ的な電位異常値を除く平均値を測定値として採用した。測点数は中央火口丘測線で137点(測線長は約13.7km)、吉岡測線では83点(測線長は約4.5km)であった。

3. 自然電位測定の結果

中央火口丘測線で測定された自然電位は、山麓では南側・北側いずれにおいても標高が高くなるに従い電位が低くなる傾向を示しており、いわゆる自然電位の地形効果が明瞭であった。また山腹から山頂域にかけては標高が高くなるとともに電位が高くなり、山腹の低電位地点を基

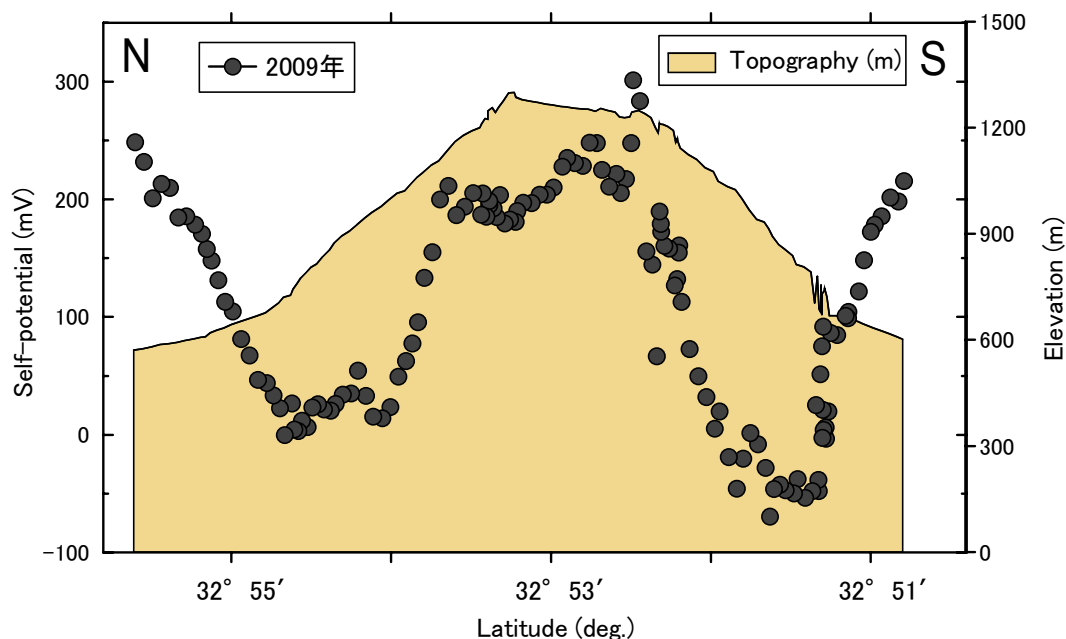


図2. 中央火口丘測線の自然電位プロファイル (2009年3月)

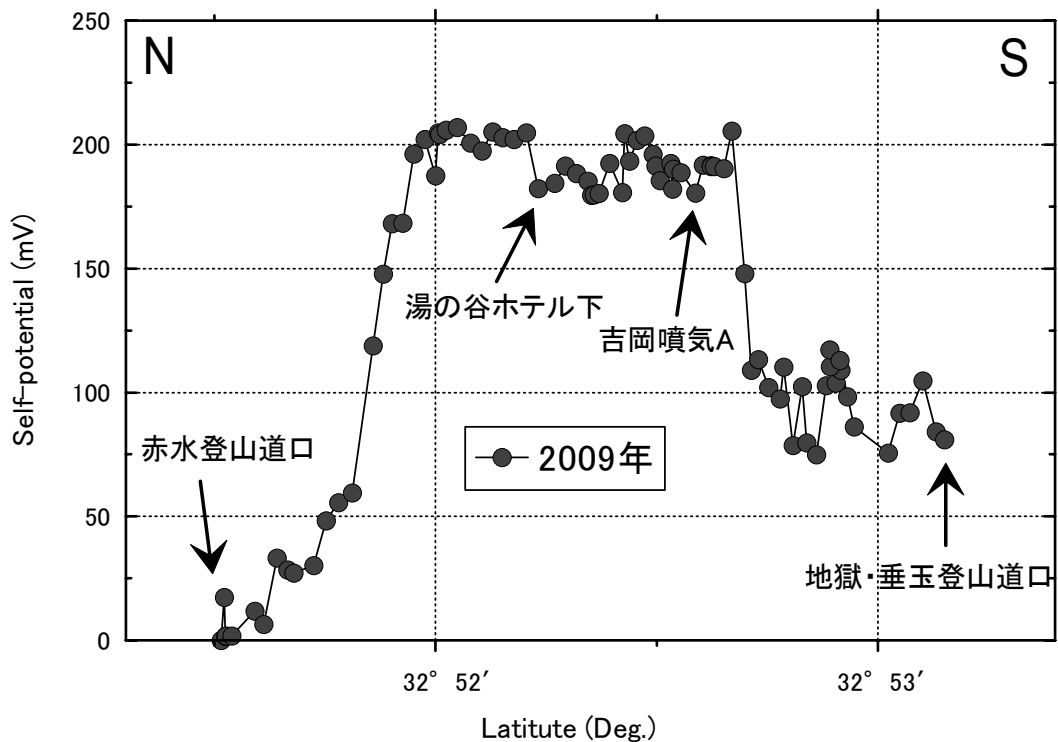


図 3. 吉岡測線の自然電位プロファイル (2009 年 3 月)

準とすると約+200mV の高電位異常であった。そのため、測線の距離に対して W 型の自然電位プロファイルを示している(図 2)。このような W 型の自然電位プロファイルは阿蘇山で過去に測定された結果でも明瞭に見られているほか³⁾、三宅島⁴⁾や伊豆大島⁵⁾でも観測されている。この特徴的な自然電位プロファイルは、山体中心部の熱水上昇と地形効果が重なった効果であると解釈されている。

吉岡測線では全体を通して標高差はそれほどないものの、自然電位は湯の谷温泉から吉岡温泉周辺にかけて約+200mV の高電位異常となっている(基準点は赤水登山道口)(図 3)。この地域は温泉開発が行われた地域であり、局所的な地熱活動がもともと活発な地域である。そのため、比較的浅部に地熱流体が存在していることが示唆されており⁶⁾、その上昇流による流動電位がこの地域で観測された高電位異常を形成している可能性が考えられる。

3. 議論

(a) 中央火口丘測線

中岳第一火口には湯だまりと呼ばれる湖水温度 50°C 以上の火口湖が存在しており、湖面が

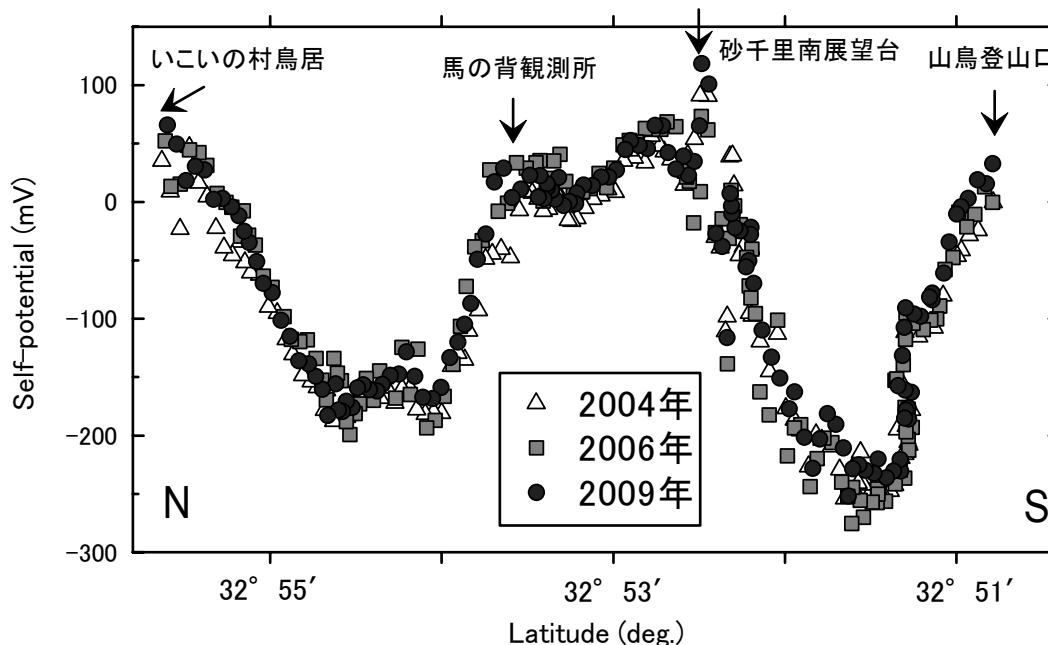


図 4. 過去に行われた中央火口丘測線の自然電位プロフィールとの比較

らの放熱量は 200MW 前後に達している⁷⁾。この高温の火口湖を維持するためには、継続的に深部から高温の火山流体供給が必要であることが示唆されている¹⁾。阿蘇山の中央火口丘では、南北に横切る測線でこれまで数回自然電位測定が行われ、中岳火口を中心とした+200mV 以上の高電位異常が観測されている。この高電位異常は、山体内部の火山流体の上昇に伴って発生した流動電位によって形成されていると解釈されている³⁾。図 4 は本研究で測定した自然電位と 2004 年、2006 年に測定された自然電位との比較図である。この図を見ると、本研究の 2009 年の自然電位は、これまで測定されたデータと概して変わらないことがわかる。すなわち、阿蘇山の山体内部で発生している火山流体の上昇流は、少なくとも 2004 年以降に関してはその規模を変えることなく存在していることが推察される。

(b) 吉岡測線

吉岡温泉では 2006 年に地熱活動が高まり、噴気量増加や新たな噴気孔が形成されるなどの現象が発生した²⁾。しかし活発化はそれほど継続せず、その後 2007 年には沈静化した。吉岡温泉周辺では、地熱活動が高まる以前の 1999 年に自然電位測定が行われているほか、地熱活動が最も高まった 2006 年 10 月にも自然電位測定を行っている。図 5 はこれまで測定された自然電位と今回測定した自然電位の比較図である。この図で湯の谷温泉ホテル下と吉岡噴気 A の領域の自然電位に注目すると、1999 年の自然電位に対して、2006 年の自然電位は数十 mV 低

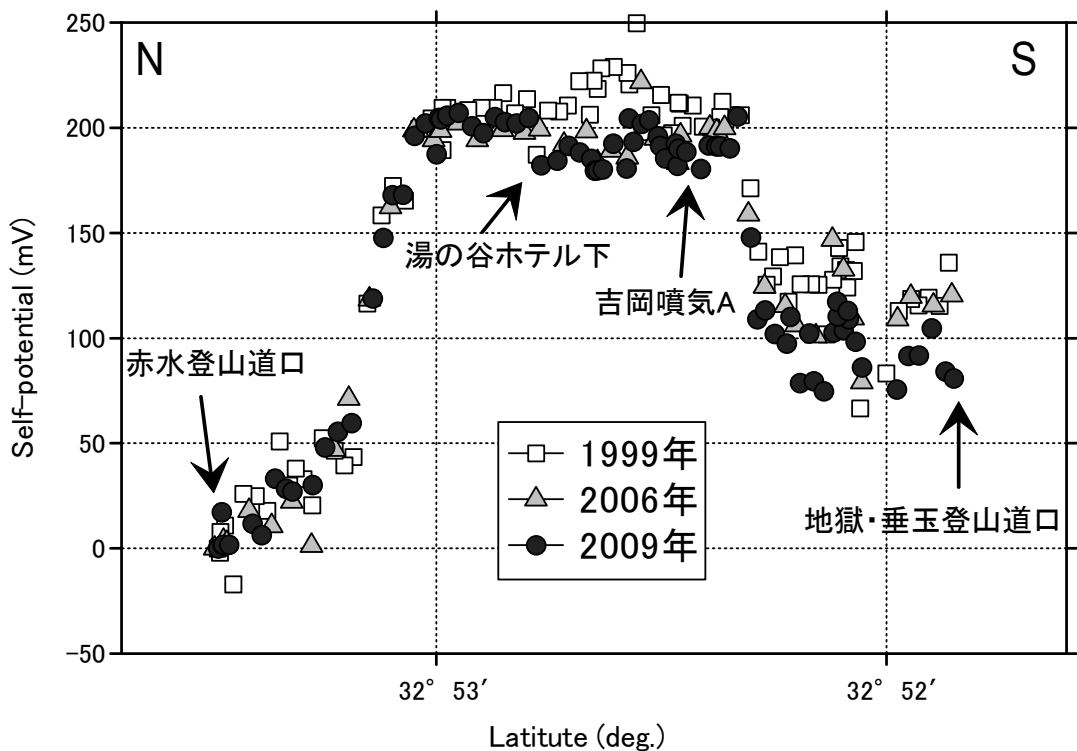


図 5. 過去に測定された吉岡測線の自然電位プロファイルとの比較

下しており、今回測定した 2009 年の自然電位は 2006 年の自然電位とほとんど変わらない値を示している。吉岡温泉周辺の噴気から見積もられる放熱量は、通常は日平均で 10MW 以下であるが、地熱活動が最も活発であった 2006 年 10 月は日平均で 30MW に達している²⁾。一般的に地熱活動が活発化した場合、地熱流体の供給量も増えることが予想されるため、地熱流体の上昇流に伴って形成されている自然電位異常値は大きくなることが期待される。しかし 2006 年に測定された吉岡温泉周辺の高電位異常は、1999 年に測定された自然電位に対して逆に値が低下している。この結果の理由としては、2006 年の地熱活動の活性化は、主に火山ガスの増加に伴って発生し、電位異常地域の自然電位低下は地熱活動の活発化に伴い地表付近で低比抵抗な変質層が広がった効果の影響として考えることができる。変質層の広がり、時間経過とともに活動噴気孔が移動したことからも容易に推測される²⁾。そして地熱活動の高まりが沈静化した後も、この期間に広がった変質層はそのまま残っていると考えられるため、2009 年の自然電位が 2006 年とほぼ同じプロファイルを示しているものと考えられる。

4. まとめ

2008年度の阿蘇山集中総合観測の一環として、2009年3月に中岳火口付近を南北に横切る中央火口丘測線と吉岡温泉を南北に横切る吉岡測線において自然電位測定を行った。中央火口丘測線では、以前に測定された結果と概して一致する自然電位プロファイルが得られ、中央火口丘中心部に存在すると思われる熱水系の状態に大きな変化がないことが示唆された。また吉岡測線では、地熱活動の活発化が見られた2006年に測定された自然電位とほぼ同様のプロファイルが得られた。この2006年の地熱活動の活発化以前である1999年、活発化最中の2006年、静穏化後の2009年の自然電位データを比較・検討した結果、2006年の地熱活動の活発化は火山ガスの一時的な増加によるものであり、この活発化のときに表層で変質層の広がり形成したことが推察された。

謝辞

自然電位測定の際に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のスタッフ諸氏にお世話になった。ここに厚く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 寺田暁彦・鍵山恒臣・吉川慎 (2008): 阿蘇火山・中央火口丘群における熱活動の定量化, 京都大学防災研究所年報, 第51号B, 275-290.
- 2) 寺田暁彦・須藤靖明・吉川慎・井上寛之 (2007): 阿蘇火山吉岡温泉で2006年におきた地熱活動の定量的評価, 火山, 第52巻, 第6号, 335-340.
- 3) Hase, H., T. Hashimoto, S. Sakanaka, W. Kanda, and Y. Tanaka (2005): Hydrothermal system beneath Aso volcano as inferred from self-potential mapping and resistivity structure, J. Volcanol. Geotherm. Res., 143, 259-277.
- 4) Sasai, Y., Zlotnicki, J., Nishida, Y., Yvetot, P., Morat, P., Murakami, H., Tanaka, Y., Ishikawa, Y., Koyama, S., Sekiguchi, W. (1997): Electromagnetic monitoring of Miyake-jima volcano, Izu-Bonin arc, Japan: a preliminary report, J. Geomagn. Geoelectr., 49, 1293-1316.
- 5) Ishido, T., Kikuchi, T., Matsushima, N., Yano, Y., Nakao, S., Sugihara, M., Tosha, T., Takakura, S., Ogawa, Y. (1997): repeated self-potential profiling of Izu-Oshima volcano, Japan, J. Geomagn. Geoelectr., 49, 1267-1278.
- 6) 山崎達雄・林正雄・古賀昭人・野田徹郎・福田道博 (1978): 阿蘇カルデラ湯の谷地熱地域

の蒸気井とその探査, 地熱, 第 15 卷, 205-216.

- 7) Terada, A., Hashimoto, T., Kagiya, T. and Sasaki, H. (2008): Precise remote-monitoring technique of water volume and temperature of a crater lake in Aso volcano, Japan: Implication for a sensitive window of volcanic hydrothermal system, Earth Planets Space, 60, 705-710.