

(1) 実施機関名：

東京工業大学

(2) 研究課題（または観測項目）名：

活動火口に形成された火口湖における熱活動モニタリング

(3) 最も関連の深い建議の項目：

2. 地震・火山現象解明のための観測研究の推進

(2) 地震・火山噴火に至る準備過程

(2-2) 火山噴火準備過程

イ. 噴火履歴とマグマの発達過程

(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：

(本課題は H24 年度に課題登録されたため2か年の到達目標)

活動火口に火口湖を有する阿蘇火山と草津白根火山において、他火山では実現不可能な高い精度で熱活動をモニタリングする。陸上に存在する噴気や噴煙の熱流量測定は精度が悪く、一般に数倍～1桁程度の不確定を持つ。これに対して火口湖を用いた熱流量解析は、10%程度のエネルギー変化でも十分に捉えることができる。この特徴を活用し、阿蘇および草津白根火山で各種の物理観測をテレメータし、得られたデータを数値モデルで解析することで、湖底熱活動を常時解析するシステムを構築する。

(6) 本課題の5か年計画の概要：

(本課題は H24 年度に課題登録されたため2か年計画の概要)

阿蘇火山では、熱活動の大半が火口湖に集中している。この火口湖の水温を精度よく測定するために、強酸性高温環境下でも長期間運用可能な水温観測ブイを開発し、水温常時観測およびテレメータを目指す。得られた水温データは、気象観測結果とともに東京工業大学内のサーバへ送信し、熱流量計算を行う。

草津白根火山の火口湖では、水位・水温の安定的な連続観測を実現している。これに気象観測装置を追加することで、熱流量計算を可能とさせる。なお、同火山では火口湖以外にも噴気活動が後半に点在していることから、軽飛行機を用いた空中赤外観測を実施して、火口湖を含めた全山的な熱放出量を明らかにする。

(7) 平成 24 年度成果の概要：

1. 阿蘇・湯だまりにおける水温観測

高温強酸性に耐える、小型軽量ブイの開発を行った。ブイには無線式温度計と、耐酸性能を高めた太陽電池パネルを搭載し、2-3年程度の長期連続観測を目指した。また、得られた水温データに基づき、湖底熱活動の変動を定量的に評価し、湖水変動のメカニズムを検討した。

1.1 観測経緯

転覆した観測ブイ（2号機、2011年12月設置）に代わり、波に対する復元力を大幅に強化した水温観測ブイ（3号機）を2012年3月末に投入することで湯だまりの水温連続観測を再開した。同ブイが

1分間隔で計測した水温は、30分おきに東京工業大学のサーバへ自動伝送され、WEBを通じて誰でもデータを閲覧できる仕組みを運用した。

湯だまりは同5月末にはほぼ干上がり、水温観測も停止したが、梅雨期の大雨で水位が回復した同6月中旬から観測を再開した。しかし、7月5日には水温計の1台が不調となり、同9月にはもう一台の水温計も通信不能となった。その後、ブイは火口壁の崩落に巻き込まれて所在不明となった。

今回の3号機は、ブイを湖底へ係留する仕組みが機能せず、しばしば湖面を漂流した。これが、火口壁崩落に巻き込まれた原因である。おそらく、設置時にアンカーロープが絡まるなどして、アンカーが正常に降下しなかったのであろう。また、通信途絶した理由は特定できていない。ブイ内部温度は、事前の試験通り、無線機の動作限界の50℃を十分下回っていたことから考えると、装置の腐食が不調原因として有力であろう。

1.2 研究成果

水温直接観測の結果、2012年4月の水温は70℃を超えており、この時期としては10℃以上高いことが分かった。この変化は、気象庁が火口縁から実施している赤外カメラを用いた定期観測では捉えられておらず、水温直接観測の有効性が示された。水温観測ブイから得たデータに基づいて計算した結果、湖面放熱率は通常(220 MW)の2倍以上の、500-600 MWまで増加していることが分かった(図1)。

同時期、火山性微動の振幅が顕著に増大するとともに、湯だまりの水位が1か月余りの間に約5mも低下した。日減少率は-9cmと、これまでの最大の約4倍のペースであった。湯だまり湖水に関する熱・エネルギー収支を計算したところ、同時期、湯だまり湖底からは高温火山ガスの寄与が増していることが分かった。すなわち、2012年に湯だまりで観察された湖水消滅は、地下からの火山ガス供給率の増大による湖面蒸発が原因と考えられる。これは、2011年に起きた湖水減少と対照的である。さらに、同年3月に採取した湖水の溶存成分分析によれば、2011年12月と比較してシリカ濃度が明瞭に増加しており、2011年3月29日には湯だまりとしては過去最高の580 mg/Lが得られた。これは、地下浅部熱水系の温度が上昇していたことを示唆する。このような浅部熱水系の変動と、火山性微動の振幅変化が同期した事実は、微動発生機構や火山活動評価という観点から興味深い。

2012年6月中旬に湯だまりが再生して以降、水温や火山性微動の振幅は通常に戻り、急激な水位低下も収まった。以後、湯だまりは安定して維持されている。

2. 空中赤外観測

草津白根火山からの全山放熱量を推定するため、軽飛行機を用いた広域にわたる空中赤外観測を2012年10月に実施した。その際、飛行経路上にあたり、最近、火山活動が活発化している弥陀ヶ原火山室堂地区、及び箱根火山大涌谷地区についても観測を行った。

2.1 草津白根火山

これまで未計測だった本白根地域も含めて、全山的な測定を実施した。現在、詳細な解析を進めている。また、草津町温泉課の依頼に基づき、町内の主要源泉の一つを重点的に観測した結果、温泉湧出をもたらす亀裂に対応すると思われる温度異常領域を新たに見出した。

2.2 箱根火山

2001年に上湯場と呼ばれる地域で始まった地熱活動(噴気地A-D)が衰退するとともに、隣接域に新たに噴気地Eが2011年頃に形成されている。これらA-Eの面積は20,000 m²、総放熱量は2.8 MW(雲のため過小評価)である。この値は、既存の大涌谷噴気地のそれに匹敵する(図2)。

2012年12月に地上で氷を用いた熱流量計測を行った結果、噴気地Dにおける放熱量は、2009年に比較して1/5へ減少していた。すなわち、噴気地Eの形成は、噴気地A-Dの衰退を補う関係にある。この結果を受けて、2012年12月、噴気地E周辺4か所において1m深地中温度連続観測を開始した。そして2013年1月、当地の直下で2001年以来となる地殻変動を伴う群発地震活動が始まった。そこで、2013年2月にはさらに9か所に地中温度観測点を設け、地下活動と噴気地Eとの関係を検討している(図3)。

2.3 弥陀ヶ原火山

近年、噴気ガスの化学組成に変化が認められている弥陀ヶ原火山地獄谷（室堂）地区において、同火山として初めて空中赤外観測を実施して、地表面温度分布を定量的に把握した（図4）。温度異常領域の総面積は 35,000 m² である。また、2012 年 8 月に実施した地上観測結果と合わせて、同地域からの放熱量は 20 MW と見積もられる。この値は、活動火山の火口としてはやや大きい。また、地獄谷中央の池（紺屋地獄）においては、2012 年 8 月の地上観測で得られた約 50 °C に比較して、同 10 月の空中赤外観測では 62 °C と上昇している。

(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）：

Terada, A. and Y. Sudo (2012) Thermal activity within the western-slope geothermal zone of Aso volcano, Japan: Development of a new thermal area, Geothermics, Volume 42, April 2012, Pages 56-64.

Terada, A., T. Hashimoto and T. Kagiya (2012) A water flow model of the active crater lake at Aso volcano, Japan: fluctuations of magmatic gas and groundwater fluxes from the underlying hydrothermal system, Bulletin of Volcanology, April 2012, Volume 74, Issue 3, pp 641-655.

寺田暁彦（2012）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，34，12，712-721.

寺田暁彦，阿蘇火山の火口湖・湯だまりの地下浅部に推定される温水だまり。地球惑星科学関連学会 2012 年合同大会，千葉市，2012 年 5 月。

上木賢太・寺田暁彦（2012）草津白根火山の巡検案内書。火山，57，235-251.

(9) 平成 25 年度実施計画の概要：

草津白根火山・湯釜火口湖についても、阿蘇火山・湯だまりと同様の熱活動評価を実施するために、次年度はドップラーレーダー式の降雨降雪計と風速計を導入し、通年気象観測を実現させる。また、湖面蒸発量の準リアルタイム計算を行う仕組みを開発する。

阿蘇火山・湯だまり火口湖については、これまでの実験観測の結果、半年程度の水温連続観測は可能となった。しかし、当初の 2-3 年以上という目標には未だ到達できていない。本年度はブイ観測の課題について洗い出しを行い、装置改良と草津町内の強酸性高温源泉において試験観測を行ない、改良型観測ブイの開発と設置を目指す。

(10) 実施機関の参加者氏名または部署等名：

他機関との共同研究の有無：無

(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：火山流体研究センター

電話：0279-88-7715

e-mail：webmaster@ksvo.titech.ac.jp

URL：

(12) この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：寺田暁彦

所属：

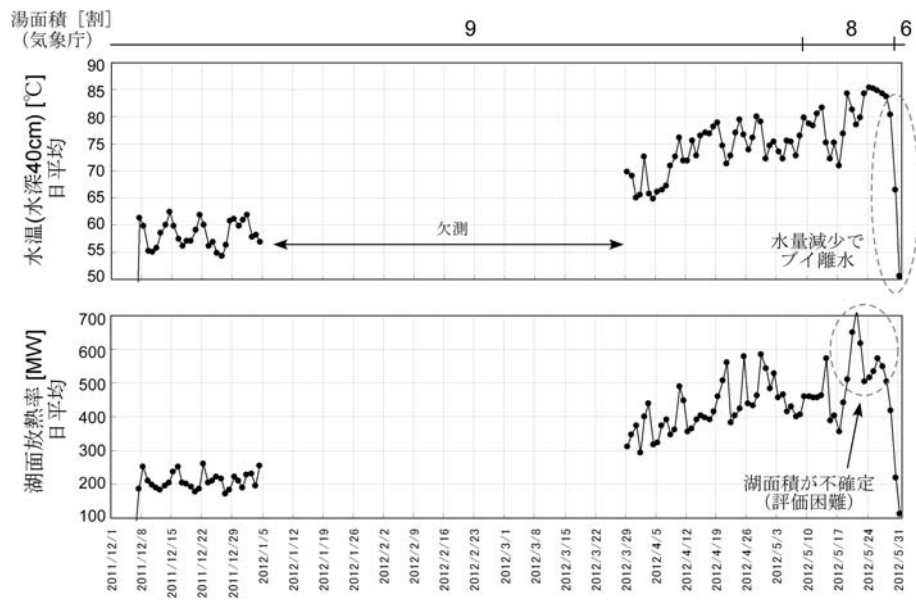


図 1

(a) 水温観測ブイが観測した阿蘇山・湯だまりの日平均温度. (b) 湖面放熱率.

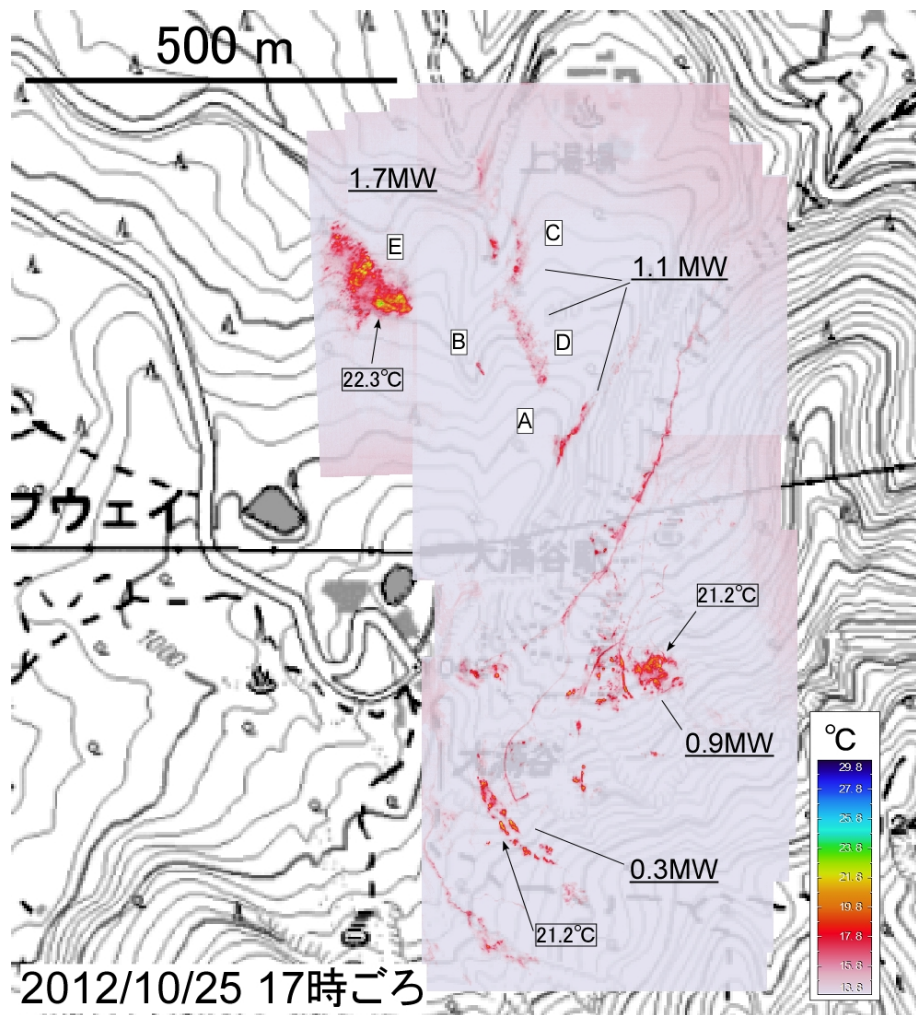


図 2.

箱根山大涌谷及び上湯場における空中赤外観測 (2012年10月25日実施).

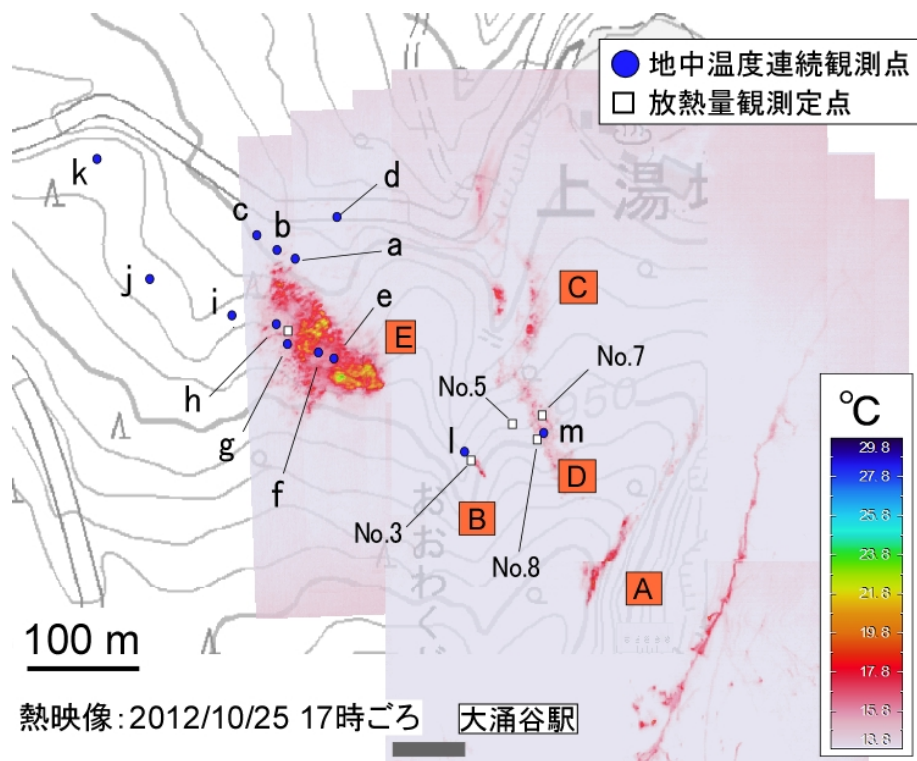


図 3.
箱根山・上湯場地区における 1m 深地中温度連続観測点と、氷箱熱流観測の繰り返し測定点の位置.

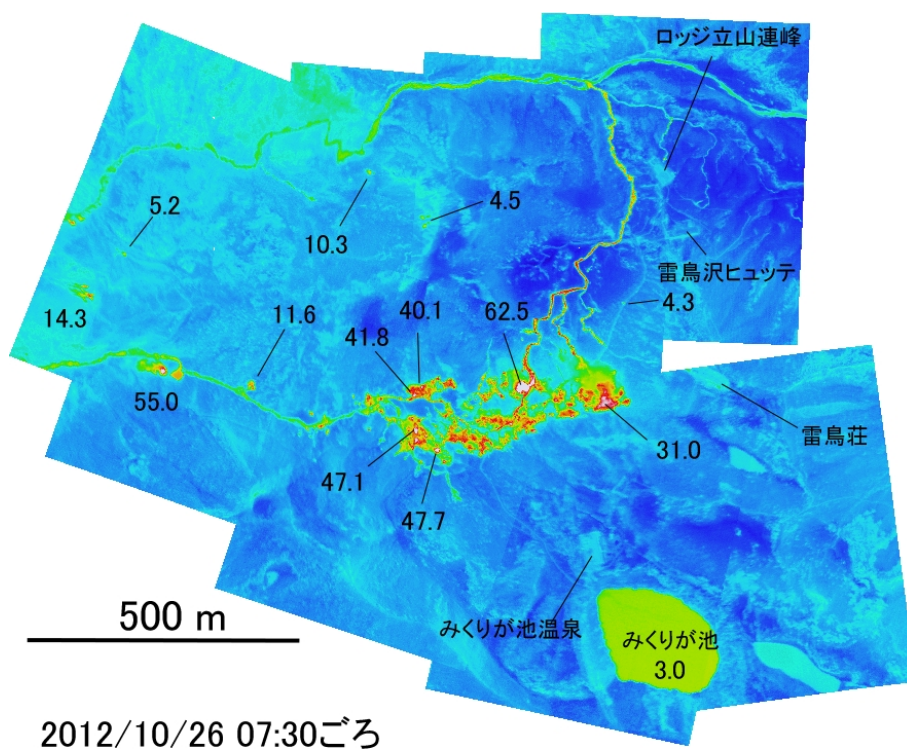


図 4.
弥陀ヶ原地獄谷（室堂）における空中赤外観測（2012 年 10 月 26 日）.