

火口湖を用いた火山浅部熱水系のモニタリング - 阿蘇火山での試み -

Monitoring of hydrothermal system under active volcanic vents using hot crater lake of Aso volcano

寺田 暁彦 [1]; 橋本 武志 [2]; 鍵山 恒臣 [3]; 佐々木 寿 [4]

Akihiko Terada[1]; Takeshi Hashimoto[2]; Tsuneomi Kagiya[3]; Hisashi Sasaki[4]

[1] 京大・火山研; [2] 北大・理・地震火山センター; [3] 京大理; [4] 国際航業

[1] AVL, Kyoto Univ.; [2] Inst. Seismol. Volcanol., Hokkaido Univ.; [3] Graduate School of Science, Kyoto University; [4] Kokusai Kogyo Co., Ltd.

[はじめに]

阿蘇火山中岳第一火口では、水温の高い湖（通称、湯だまり）が火山活動に応じて形成・消滅する活動が1,500年以上も継続している。

火口湖の中には、単に噴気孔が湖水に覆われているのではなく、地下浅部熱水系が地表へ表れたものだと考えられるものも、いくつか存在する（例えば Vandemeulebrouck et al., 2005）。阿蘇では、湯だまり直下 200 m 付近に熱消磁・帯磁を引き起こす領域が地球磁場観測から見出されており（Tanaka, 1993）、その付近は周辺部よりも局所的に低比抵抗である（Kanda et al., 2008）。この領域付近には、クラックを通じた定常的な火山性流体の供給が続いていることが地震学的に示唆されており（Yamamoto et al., 1999）、周辺では連続的な火山性微動が常に発生している（Takagi et al., 2006）。このように、湯だまり地下のごく浅部に流体貯留層が存在していることが示唆され、阿蘇の湯だまりも、その熱水の活動に深く関係していると思われる。

地下浅部熱水系は、各種の火山性微動の源であり、マグマが上昇してきた際には、火山爆発の発生場とも位置づけられ、火山現象の多様性を理解するうえで重要である。しかし、熱水系を直接的に観測することは、技術的に困難である。その一方、阿蘇火山においては、湯だまりを通じて浅部熱水系の状態をモニタリングすることが期待できる。本研究の目標は、火口湖を通じて検討した浅部熱水系の状態に基づき、阿蘇火山で起きる様々な現象の関連を理解することである。本発表では、過去2年間の湯だまりの変動を解析して、火口地下浅部における流体輸送の特徴を議論する。

[研究内容]

湖水変動に湖面蒸発量が強く関与する、水温の高い火口湖に関する数値モデルを開発した。また、腐食性の火山ガスに耐える自動画像撮影システムを構築して火口壁上に設置することで、2006年7月以降、精密連続水位観測を継続している。これらに国際航業株式会社による精密数値標高モデル（DSM）を併せたことで、これまで不可能であった火口湖水量の時間変動の詳細が明らかになった。

これらに加え、2007年度には火口周囲での多点雨量観測を行ない、湖水変動に対する降水の影響を評価した。2008年度は、高温・強酸性に耐える水温テレメトリー・ブイを開発し、水温のモニタリングを実施した。これら観測データの蓄積により、数値計算に必要なパラメータに対して高い信頼性を与えることができた。

[解析方法]

構築した火口湖に関する1次元数値モデルには、湖面蒸発、湖底漏水、降水流入、そして湖底からの流体噴出が含まれる。本モデルを阿蘇火山の火口地形（DSM）に適用して、任意の気象条件において、任意の時間における水位と水温を計算することができる。

本研究では、湖底から湖へ注入される火山性流体の mass flux および enthalpy の2つを未知として、観測された水量、水温データを満足するような火山性流体の mass flux および enthalpy を求めた。

[結果と議論]

2006年7月から2008年5月について、変動の特徴に基づきA-Hの8期間に分けて解析した。湖底噴出している流体の enthalpy は 1,400 - 2,200 kJ/kg、mass flux は 97 - 126 kg/s の範囲で変動していた。

湖底噴出流体の mass flux を enthalpy に対してプロットすると、両者には明瞭な逆相関が見られる。すなわち、mass flux が増加するときは enthalpy が低下していた。これは、温かい流体の安定した供給に、冷たい流体の供給が変動しながら加わっていると解釈できる。次に、湖底噴出流体の mass flux を時間に対してプロットすると、明瞭な季節的変動が見られた。すなわち、秋にかけて mass flux が増加し、春から夏にかけて mass flux が減少した。

これらの結果に基づき、温かい流体を 800 の火山ガス、冷たい流体を 10 - 99 の地下水（または温泉水）と考えて、それぞれの mass flux の時間変動を計算した。その結果、火山ガス供給率は 50 kg/s で安定している一方、地下水は 50 - 80 kg/s で変動していることがわかった。地下水供給は毎年8-12月に増加し、これは梅雨・台風シーズンである6-9月からやや遅れている。

また、安定していた火山ガス供給は、2008年に入って増加傾向が見られた。これは、南壁噴気の赤熱、火災現象など、近年の火口周辺における熱活動の高まりと調和的である。

このように、火口周辺における、地下水の増減と思われる変動を検出するとともに、火山ガス供給量の2-3割程度の変化についても評価することができた。これらの流体輸送の絶対量および量比は、火口直下の熱水系の状態に関係していると思われる。湯だまりを通じた熱活動の解析は、阿蘇火山で発生している火山性微動や、火山活動の変化を理解するための貴重な情報を与えると思われる。