

# 桜島昭和火口周辺の熱活動

鹿児島地方気象台観測予報課

平松 秀行・稲葉 博明

大薄富士男・竹下 孝弘

五藤 大仁・林 幹太

福岡管区気象台技術部地震火山課火山監視・情報センター

森 博一・増田与志郎

気象庁地震火山部火山課火山監視・情報センター

本多誠一郎

## 1. はじめに

桜島では1974年以来、集中総合観測の一環として山体表面の熱活動の観測が繰り返し実施されており<sup>1)~8)</sup>、山頂火口その他、南岳山体斜面の昭和火口周辺やその他数ヶ所で熱異常域が存在することが確かめられている。その中でも昭和火口周辺の熱異常域は放熱量が大きいことが観測されていたが、温度は低下傾向にあった<sup>7), 8)</sup>。しかし、2005年頃から昭和火口周辺で白色付着物の増加が認められるようになったほか、噴気量の増加も認められた<sup>9), 10)</sup>。

このような状況の中、2006年6月4日に昭和火口で58年ぶりに噴火が発生した。この噴火活動は、数100m~1000m程度の噴煙を間欠的に噴出しながら約半月ほど続いた。翌2007年5月には同火口で再度噴火が発生し、2006年と同様の活動が1ヶ月ほど継続した。さらに、2008年2月3日になって活動を再開し、2006年の噴火以降初めて爆発的噴火が発生するとともに小規模な火砕流も発生した。火砕流は昭和火口の東約1.5kmまで流下した。

ここ数年、昭和火口の活動は活発化しているが、火口の活動状況を把握するためには、火口周辺の熱活動がどのような状況にあるのかを知ることは重要である。今回、我々は赤外熱映像装置を用いて昭和火口周辺の熱異常域の活動推移の把握を目的に観測を実施したので、その結果について報告する。

## 2. 観測

2006年6月から赤外熱映像装置による観測を開始した。観測は鹿児島地方気象台が随時実

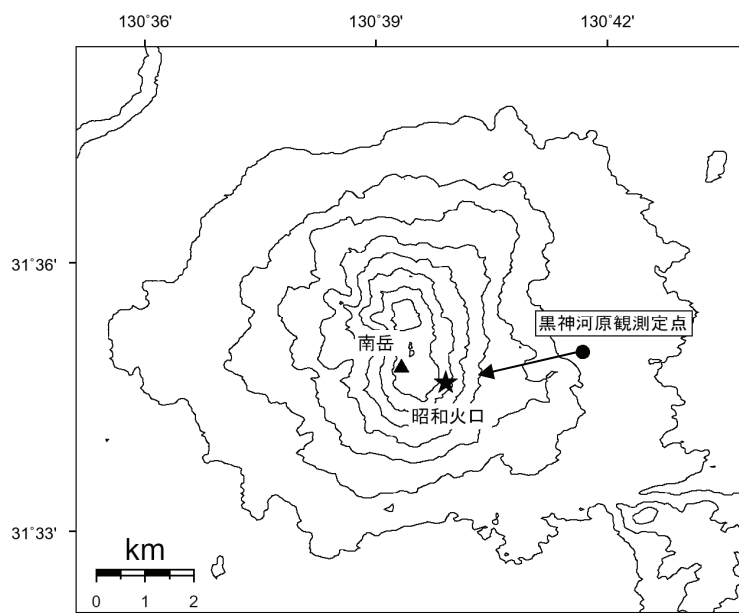


図 1. 赤外熱映像観測の観測定点位置

施しているものであるが、今回の集中総合観測の一環として位置づけた。

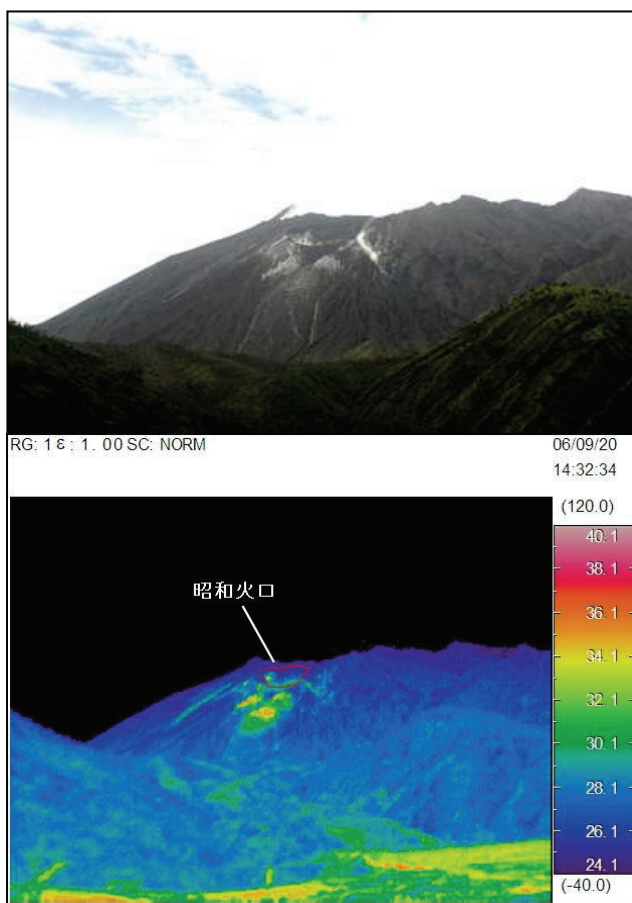


図 2. 観測点から撮影した可視画像と熱画像。上: 可視画像, 下: 赤外熱画像(赤線は昭和火口の位置を示す)。

観測に使用した赤外熱映像装置は NEC 三栄の THERMO TRACER (TH7102WX) であり、撮影には標準レンズを用いた(水平視野角 29°, 垂直視野角 22°)。また、観測点では簡易気象計 (NIELSEN-KERLLERMAN 製 Kestrel 4500NV) にて気象要素も測定した。

観測点配置図を図 1 に示す。観測点は黒神河原である。

なお、観測は主として日中に実施しているため、日射の影響が極めて大きい場合や水蒸気量が多いなど気象現象の影響が避けられないと考えられる場合のデータは除外した。

### 3. 観測結果

#### 3. 1. 熱異常域の温度変化

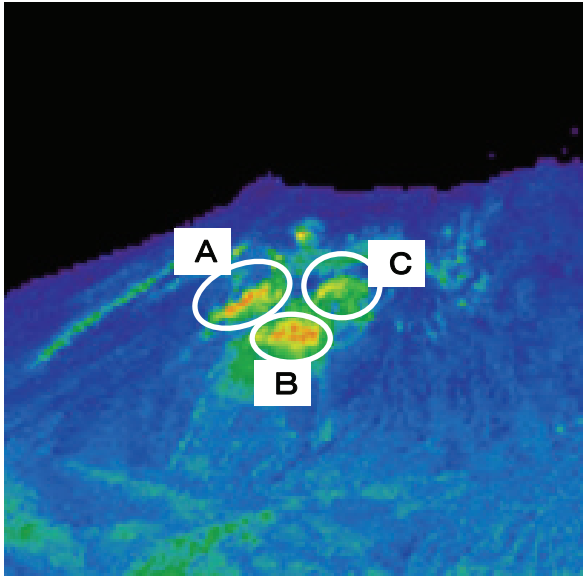


図 3. 昭和火口周辺の熱異常域の拡大図。異常域をA～Cの3つ領域に分け、 $\Delta T$ を求める。

観測点から撮影した昭和火口周辺の熱異常域の可視画像及び赤外熱画像を図2に示す。黒神河原から見た昭和火口周辺には白色の付着物が見られ、ほぼその領域に対応して熱異常域が見られる(標高600～800m付近)。また、昭和火口内でも熱異常域が認められた。

熱異常域の主だった領域をA～Cの3領域に区分し(図3)、各領域内の最高温度と熱異常のない領域の平均温度を図4に示す。最高温度、平均温度ともに同様の季節変動が認められる。

よって、各領域の最高温度と熱異常のない領域との温度差( $\Delta T$ とする)を取ることによって、季節変動を除いた温度変化を見ることが出来ると期待される。 $\Delta T$ の変化を図5に示す。なお、 $\Delta T$ 及び後述する放熱量はすべて複数枚の熱画像から算出したものを平均している。また、火口内の熱異常域は観測時に噴気の影響を受けていることが多いため、今回は $\Delta T$ の算出には含まなかった。図5上図は随時実施している日中の観測から得られた値であり、下図は2007年10月23日、24日、11月27日及び2008年2月10日に実施した早朝の観測によるものである。また、2008年2月3日以降は火砕流の影響でA～C領域の区別をつけることが難しくなったため、A～C領域付近の最高温度から求めた $\Delta T$ を示している。

得られたA～Cの $\Delta T$ は2006年11月から2007年5月、2007年8月から2008年1月にかけて上昇しており、2007年5月及び2008年2月に発生した昭和火口噴火の数ヶ月前から昭和火口周辺の熱活動が活発化していたことを示唆している。また、どちらの噴火後も $\Delta T$ は減少しており、噴火終了後の熱活動の低下を示していると考えられる。この傾向は2006年6月に発生した噴火後にも見られる。

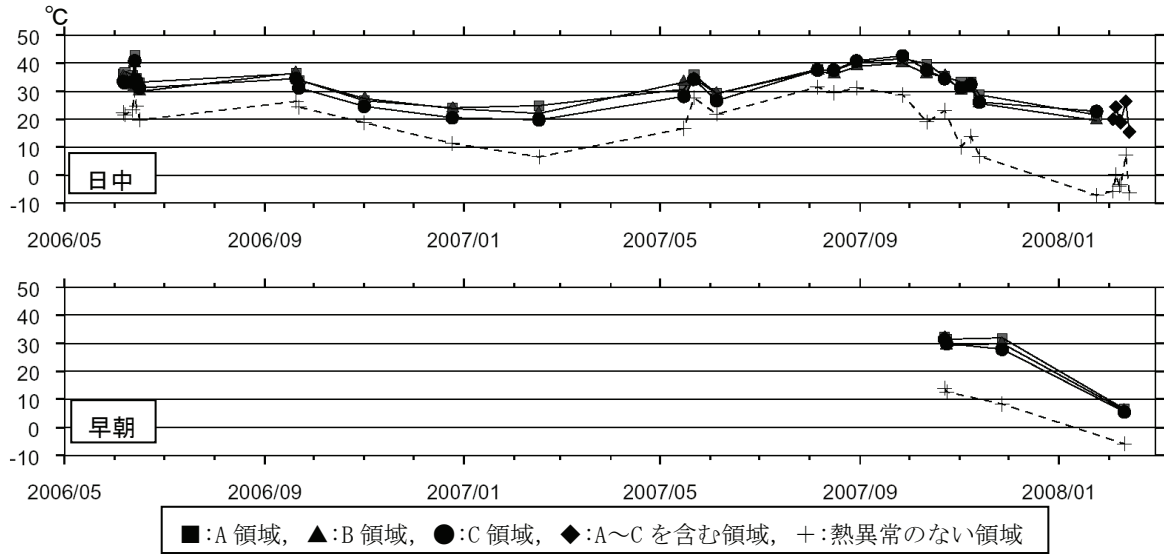


図 4. A～C 領域の最高温度と熱異常のない領域の平均温度。

上:2006 年 6 月から開始した日中での観測結果, 下:2007 年 10 月, 11 月及び 2008 年 2 月に実施した早朝の観測結果。2008 年 2 月 3 日以降は火砕流の影響で領域区分が難しくなったため, A～C 領域付近の最高温度を示している。

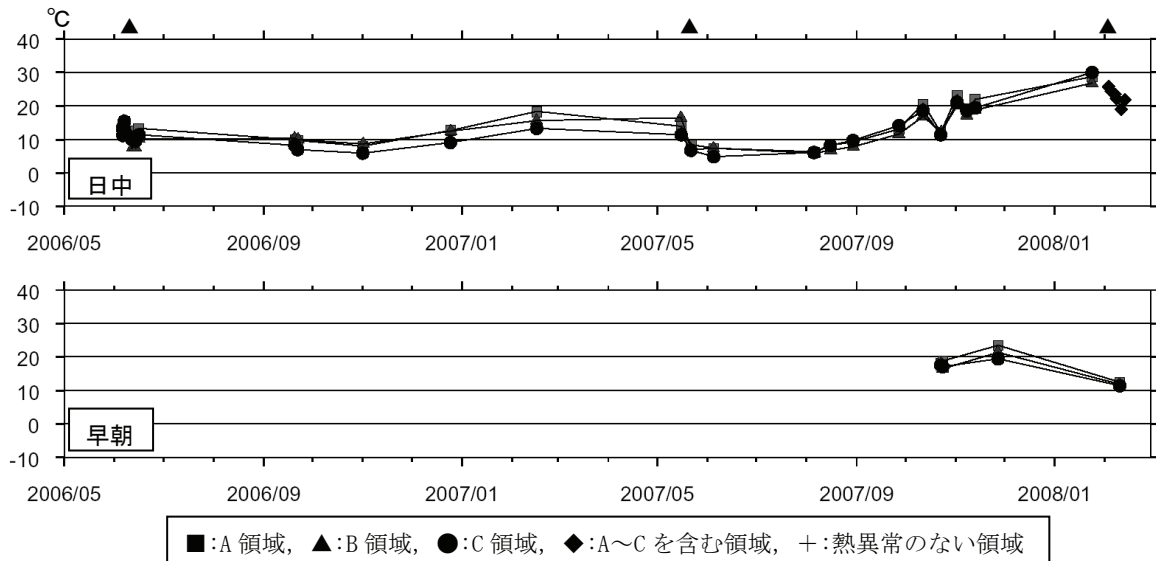


図 5. 熱異常領域 A～C の最高温度と熱異常のない領域の平均温度の差 ( $\Delta T$ )。

上:2006 年 6 月から開始した日中での観測結果, 下:2007 年 10 月, 11 月及び 2008 年 2 月に実施した早朝の観測結果。2008 年 2 月 3 日以降は火砕流の影響で領域区分が難しくなったため, A～C 領域付近の最高温度を示している。また, 図上部の▲は昭和火口の噴火開始日を示している。

### 3.2. 放熱量

熱異常域の放熱量を Sekioka and Yuhara(1974)<sup>11)</sup>の方法にて推定した。算出式は以下のとおりである。

$$\Delta Q = e(1-0.09m)(0.52+0.065\sqrt{ew}) \sigma \Delta T_0^4 + \rho_a C_p D(1+r) \Delta \theta_0$$

ここで、

- |   |                                |
|---|--------------------------------|
| e: 地表面の放射率  | m: 雲量                          |
| ew: 水蒸気圧  | $\sigma$ : Stefan-Boltzman 定数  |
| $\triangle T_0^4: 8.1 \times 10^7 \triangle \theta_0$ | $\rho_a$ : 空気密度                |
| Cp: 低圧比熱  | D: 外部拡散係数                      |
| R: Bowen 比の逆数   | $\triangle \theta_0$ : 閾値からの偏差 |

である。

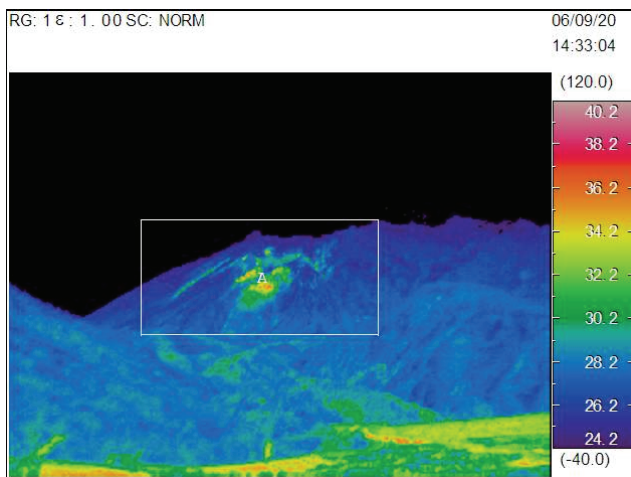


図 6. 放熱量を推定した領域(白線)

放熱量を推定した領域を図 6 に、推定した放熱量を図 7 に示す。放熱量は図 6 の白枠内で、熱異常のない領域の平均気温に標準偏差の 3 倍を加えた温度以上の熱異常領域から算出した。また、放熱量の算出に際しては、できる限り噴煙の影響を受けていないもの、雲量の多い状態で撮影できたものを選択したため  $\triangle T$  と比較してデータ数は少ない。得られた放熱量は、日中の観測で  $2.0 \times 10^4 \sim 1.5 \times 10^5 \text{ cal/sec}$ 、早朝の観測では  $1.2 \times 10^5 \sim 1.5 \times 10^5 \text{ cal/sec}$  である。

2007 年 10 月 23 日には日中と早朝どちらも観測を実施した。日中と早朝の放熱量はそれぞれ  $1.4 \times 10^5 \text{ cal/sec}$  と  $1.2 \times 10^5 \text{ cal/sec}$  となっており、大きな差はないが早朝観測での値がやや小さい結果が得られた。

$\triangle T$  と比べるとデータ数は少ないが、放熱量も  $\triangle T$  と同様に 2007 年 5 月及び 2008 年 2 月の噴火前に上昇している傾向が認められ、2006 年 6 月及び 2007 年 5 月の始まった噴火の終了後

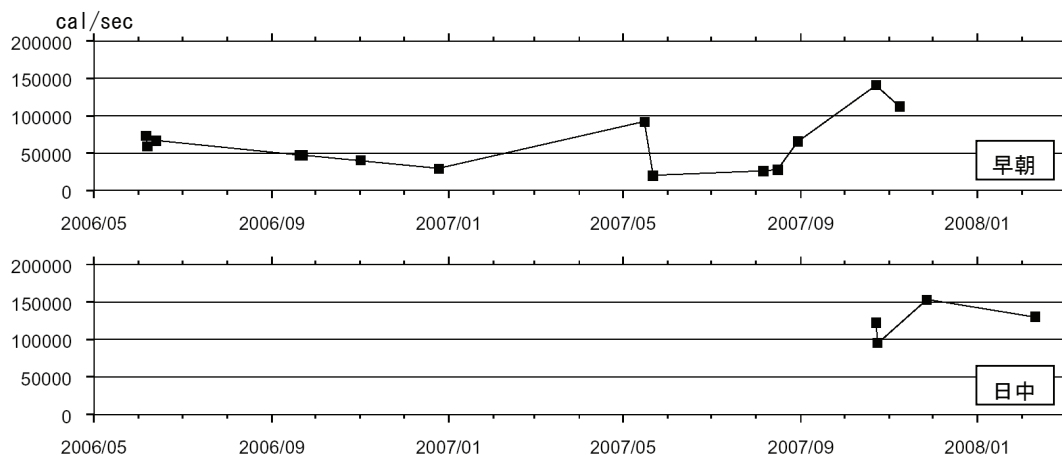


図 7. 昭和火口周辺の熱異常域から推定した放熱量。放熱量は熱異常のない領域の平均温度 +  $3\sigma$  以上の温度領域について推定した。上図: 日中の観測結果, 下図: 早朝の観測結果。

には減少している。

#### 4. まとめ

桜島集中総合観測の一環として、昭和火口周辺を対象とした赤外熱映像装置による観測を実施した。

熱異常域の最高温度と熱異常のない領域の温度差( $\Delta T$ )の算出及び放熱量の推定を試みたところ、昭和火口噴火の数ヶ月前からの熱活動の活発化及び噴火終了後の熱活動の低下を示唆する結果が得られた。

今回の観測は、日中の観測を主体として実施したため日射の影響を受けていることは否めない。しかし、出来る限り雲量の多い状態、霧などの撮影に障害となる現象のない状態で撮影したデータを選んで解析したところ、熱活動に対応すると思われる温度変化が得られた。今後も日射や気象条件に注意しながら日中の観測を継続するとともに、日射の影響を受けない時間帯での観測も継続してデータを蓄積していく必要がある。

#### 参 考 文 献

- 1) 加茂幸介・西 潔(1975):赤外映像による桜島南岳の地表温度異常域の調査, 桜島火山の総合調査報告, 33-39.
- 2) 加茂幸介・江頭庸夫・西 潔・石原和弘(1977):赤外映像による桜島火山の地表温度異常域の調査, 第2回桜島火山の集中総合観測, 34-44.
- 3) 加茂幸介・西 潔・高山鉄朗(1980):赤外線映像による桜島火山の地表温度異常域の調査, 第3回桜島火山の集中総合観測, 27-33.
- 4) 加茂幸介・西 潔・高山鉄朗・須藤靖明(1982):赤外線映像による桜島火山の地表温度異常域の調査-地上赤外測定-, 第4回桜島火山の集中総合観測, 29-31.
- 5) 加茂幸介・西 潔・井口正人・高山鉄朗(1986):赤外線映像による桜島火山の地表温度異常域の調査, 第5回桜島火山の集中総合観測, 29-32.
- 6) 加茂幸介・西 潔・井口正人・高山鉄朗(1988):赤外線映像による桜島火山の地表温度異常域の調査, 第6回桜島火山の集中総合観測, 31-36.
- 7) 加茂幸介・西 潔・井口正人・高山鉄朗(1989):赤外線映像による桜島火山の地表温度異常域の調査, 第7回桜島火山の集中総合観測, 27-31.
- 8) 加茂幸介・西 潔・井口正人・高山鉄朗(1995):赤外線映像による桜島火山の地表温度異常域の調査, 第8回桜島火山の集中総合観測, 31-36.

- 9) 福岡管区気象台・鹿児島地方気象台(2006):火山活動解説資料(平成 18 年 5 月), 桜島.
- 10) 横尾亮彦・井口正人・石原和弘(2007):熱赤外映像観測からみた桜島南岳山体斜面の熱活動, 火山, 52, 121-126.
- 11) Sekioka, M. and Yuhara, K. (1974): Heat flux estimation in geothermal areas based on the heat balance of the ground surface, J. Geophys. Res., Vol. 79, 2053-2058.

(Received on March 1, 2008)

