

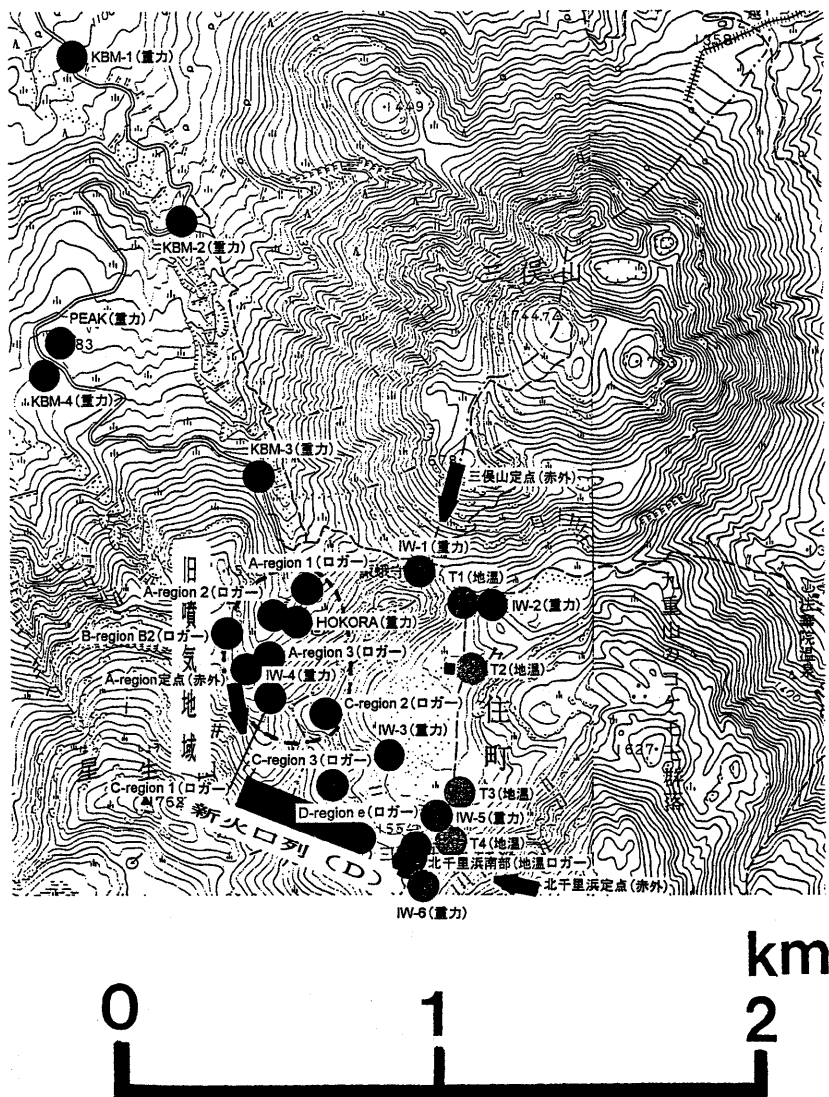
# 九重火山噴火活動に伴う熱と流体の流れに関する観測\*

Thermal and mass flow measurements after 1995 eruption of Kuju volcano

九州大学工学部資源工学科  
地熱工学研究室

Laboratory of Geothermics, Faculty of Engineering,  
Kyushu University

九州大学工学部資源工学科地熱工学研究室（以下九大地熱研究室と記す）では九重火山の噴火活動に伴う熱と流体の流れに関する観測を行っている。以下では、それらの観測のうち、赤外映像装置および赤外線放射温度計による火口噴気孔温度観測結果、地中温度観測結果および火口・噴気孔からの放熱量観測結果および火口周辺の重力変動観測結果を報告する。第1図に九大地熱研究室による火口周辺の熱・重力観測点を示す。



第1図 九大地熱研究室による九重火山新火口周辺地域の熱・重力観測点  
Fig. 1 Thermal and gravity observation points near new craters at Kuju volcano by Laboratory of Geothermics, Kyushu University.

\* Received 15 July, 1996

\*\* 江原幸雄, 藤光康宏

Sachio Ehara, Yasuhiro Fujimitsu

## 1. 赤外熱映像による a1, d, e 火口温度の変化 (新火口)

新火口域から約 500m 離れた定点から赤外映像装置 (瞬間視野角 1.5 ミリラジアン) により各火口の表面温度観測を行っている。第 2 図は各火口の最高表面温度 (直径 75cm 程度の面積の平均温度) の経時変化を示したものである。いずれの火口も 12 月末の火山灰を噴出する活動後、温度は急激に低下した。最も優勢な d 火口は噴火以降、次第に高温化した。12 月下旬の火山灰を噴出する活動後、温度は急激に低下した。そして、その後 3 月上旬に一般的に温度が上昇したがその後大きな変化はない。a1 火口では年があけた 1996 年 1 月には火口表面温度は背景地表面温度と等しくなり、噴煙活動を停止したものと判断した。a2, a3 火口も相次いで噴煙活動を停止した。

## 2. 赤外線放射温度計による噴気孔の温度変化 (噴火前から存在した噴気孔)

噴火前から活動している噴気孔の表面温度を赤外線放射温度計 (視野角 28 ミリラジアン) により、定点からの遠隔測定および距離 1 m 以内の接近観測により行っている。第 3 図にその結果を示した。噴火前最も勢力の強かった c-region の噴気孔 (1992 年 11 月に噴気温度 402°C を記録している。) は 10 月 11 日の噴火後の観測では、その勢力 (噴気温度および噴出圧力) が急速に衰えていることが確認され、以後、噴気温度 (接近観測) は変動しながらも少しずつ低下している。しかしながら、4 月に入ってやや上昇傾向にある。B-region の噴気孔温度 (約 50m 離れた遠隔観測) は長期的には大きな変化はないが、1 月中旬にステップ的に低下し、また 3 月中旬以降やや上昇傾向にある。なお、噴気地域名の A-, B-, C-region の命名については、江原ほか (1981)<sup>1)</sup> を参照されたい。

## 3. 火口・噴気孔からの放熱量変化

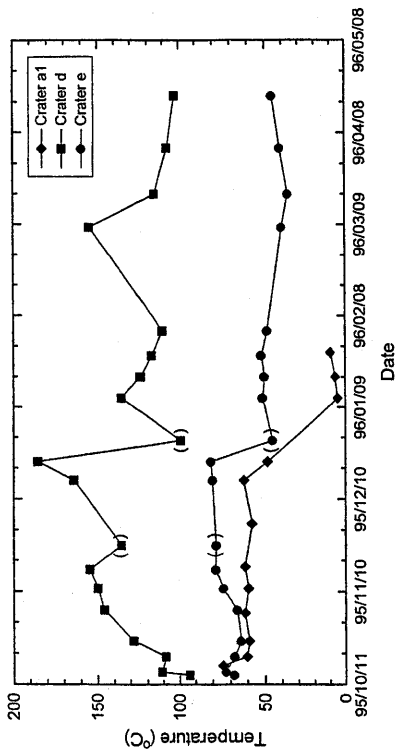
1995 年 10 月 11 日の噴火以降、常に最大勢力を示している d 火口および a1 火口から放出される熱エネルギー量 (放熱量) を最大噴気直径を利用した火山噴気放熱量測定法<sup>2)</sup> により観測している。d 火口からの放熱量の経時変化を示したのが第 4 図 (図中●印) である。それによると、噴火開始以降、2,000MW を越える高いレベルの放熱量を 2 カ月以上継続した後、12 月下旬の火山灰噴出以降、急激に減少、3 月上旬に最も低い放熱量を示した。そしてその後やや上昇傾向に転じる傾向を見せている (その後 6 月下旬には 1,200MW 程度にまで増加している)。d 火口からの放熱量の一時的な減少に反して、12 月下旬以降、A-region と C-region の境界部分からの噴煙活動が活発になり、また c 火口の活動も 3 月中旬以降活発になっている。これらによる放熱量の増加を含めたのが図中▲印である。なお、a1 火口は噴火開始以降、20-30MW 程度の放熱量を示していたが、12 月始め頃より急激に低下し、年があけた 1 月には放熱を停止した。

## 4. 新火口列東側延長上の 1 m 深地中温度プロファイル変化

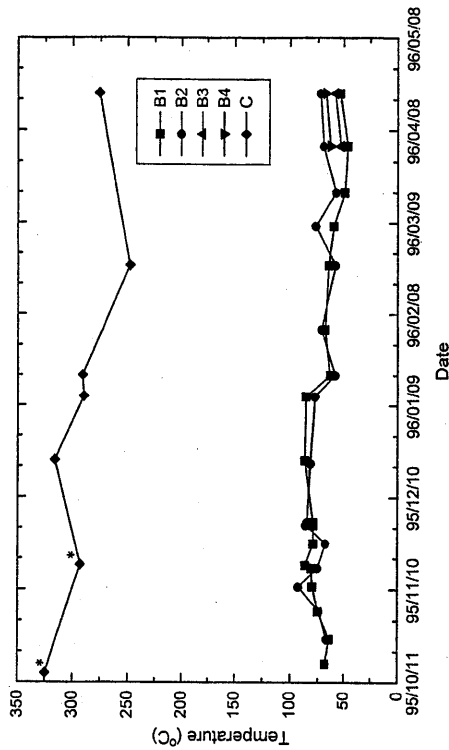
新火口列の東側延長上 (d 火口から距離約 300m) で、これと直交する方向に 12.5m 間隔で 10 地点に温度計を設置し、連続観測を行った。その結果を第 5 図に示す。測定の実目的は、噴火開始直後、新火口列の延長に地中温度の高温部が発見され、火口活動の拡大が懸念されたため、これを確認することであった。その結果、高温異常が存在することは確認されたが (図中 KS4 および KS8 付近)、その後、さらに高温化することはなかった。

## 5. 北千里浜北部の 1 m 深地温の変化

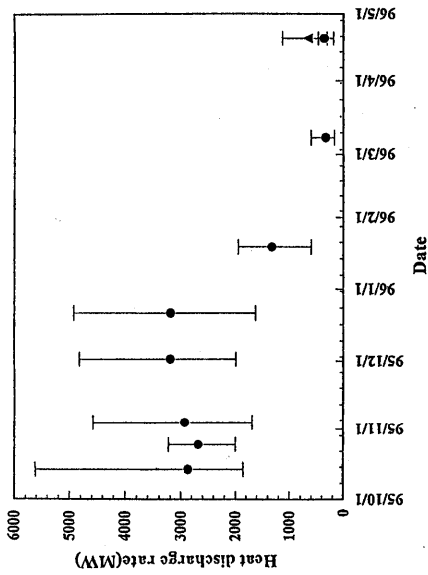
4 箇所の観測点での地温の経時変化を第 6 図に示す。地温変化は基本的には年変化の傾向を示しているが、特徴的な温度変動が見られる。特に注目されることは硫黄山およびその周辺に発生するイベント (火山灰噴出や群発地震) に先行して、温度の上昇が観測され、その後再びもとの年変化傾向に戻ることである。熱伝導的な温度変化は考えられず、間欠的な噴気あるいは高温熱水のパルスの上昇を反映しているのではないかと考えられる。イベントの発生前に、応力場が変化し、これに伴って、新たな流体流動が生じ、1 m というごく浅部の温度変化が生じていることが考えられる。



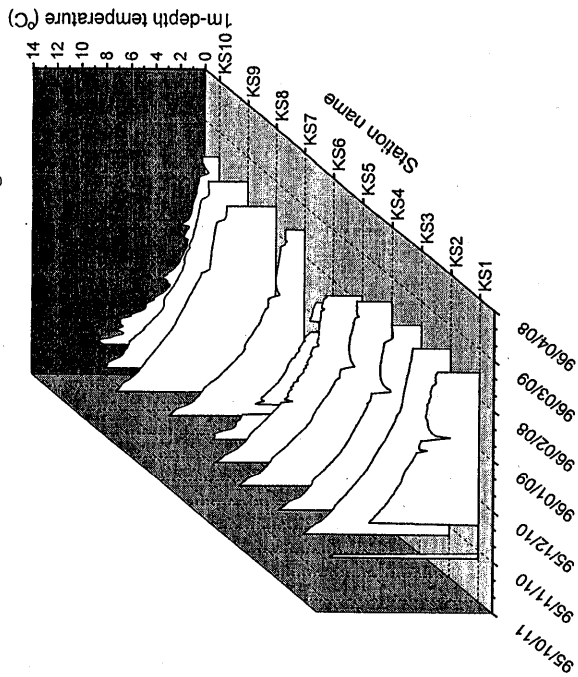
第 2 図 赤外線映像観測による a1, d, e 火口の温度変化 (新火口)  
 Fig. 2 Temperature variations of new craters, a1, d, and e by infrared imageries.



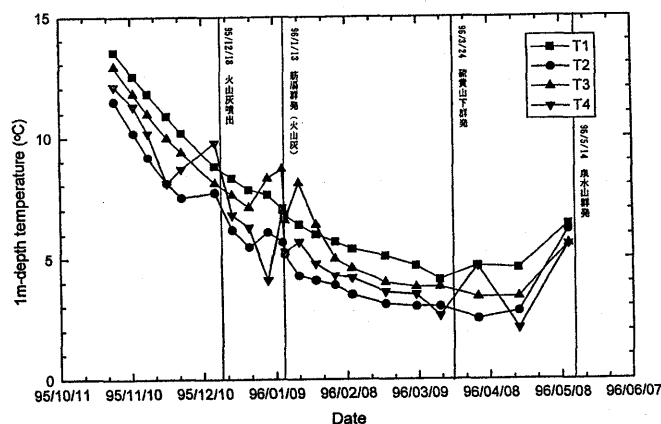
第 3 図 赤外線放射温度計による B、C-region の噴気孔の温度変化 (噴火前から存在した噴気孔)。\*印は直接測定による値。  
 Fig. 3 Temperature variations of fumaroles in B- and C-regions which have been active before 1995 eruption of Kuju volcano, by an infrared radiation thermometer. Temperatures with stars show measured values by the direct method.



第 4 図 火口からの放熱量変化. d 火口 (●), d 火口を含む新火口すべて (▲).  
 Fig. 4 Variation of heat discharge rates from d crater (●) and all new craters including d crater (▲).



第 5 図 新火口列東側延長上の 1 m 深地温変化  
 Fig. 5 Variations of 1m depth temperatures to the eastern extension of new craters.



第 6 図 北千里浜北部の 1 m 深地温の変化  
 Fig. 6 Variations of 1m depth temperatures at the northern part of the Kitasenrihama region.

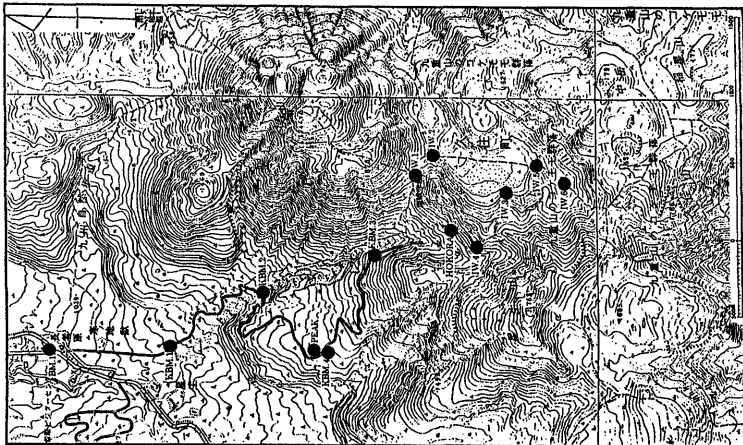
## 6 重力変動観測

噴火活動に伴う重力変化を検出し、地下活動の一端を解明する目的で、噴火直後から重力変動観測を開始した。測定にはカナダシントレックス社製 CG-3 型および CG-3 M 型重力計を使用した。重力測定点を第 7 図に示した。また重力変動観測結果を第 8 図に示した。噴火口周辺地域の観測点において、噴火直後急激に重力が上昇し、その後ゆっくりと低下する傾向が見られる。最近の傾向として、新火口からより離れた観測点では、変動が見られなくなり、一方、新火口により近い観測点ではまだわずかであるが減少傾向にある。これらの重力変動の原因としては、マグマの動きあるいは標高の変動は他の観測データから見て考えにくく、地下における流体変動（主として水）に原因があるのではないかと考えられる。すなわち、噴火直後の重力増加は、噴火に伴う急激な流体放出に伴う周囲からの地下水の流入によるものと考えられ、その後の急激な重力減少は、地下から供給されるマグマ性流体により火口周辺の地下水が加熱・気化され、大気中に放出されたため生じたものと推定される。また、最近になって、重力変動量が少なくなってきたのは、地下から供給されるマグマ性流体に加熱・蒸気化される水の量と周辺からの流入する水の量とがバランスしつつあることによると考えられる。第 9 図に 1995 年 10 月 19 日から 1996 年 1 月 13 日にわたる期間の重力変動量分布を示した。新火口群を中心とする重力の減少が見られる。この分布（対称性を仮定）にガウスの定理を適用し、この期間の平均質量欠損率を評価すると 1 日当たり、約 48,000 トンである。これは放熱量評価時に推定された水放出量からマグマ起源水（放出される火山性水蒸気のうち、約 30% がマグマ起源という推定に基づく。平林順一、私信）を除いた放出率約 56,000 トン/日とおおよそ一致している。

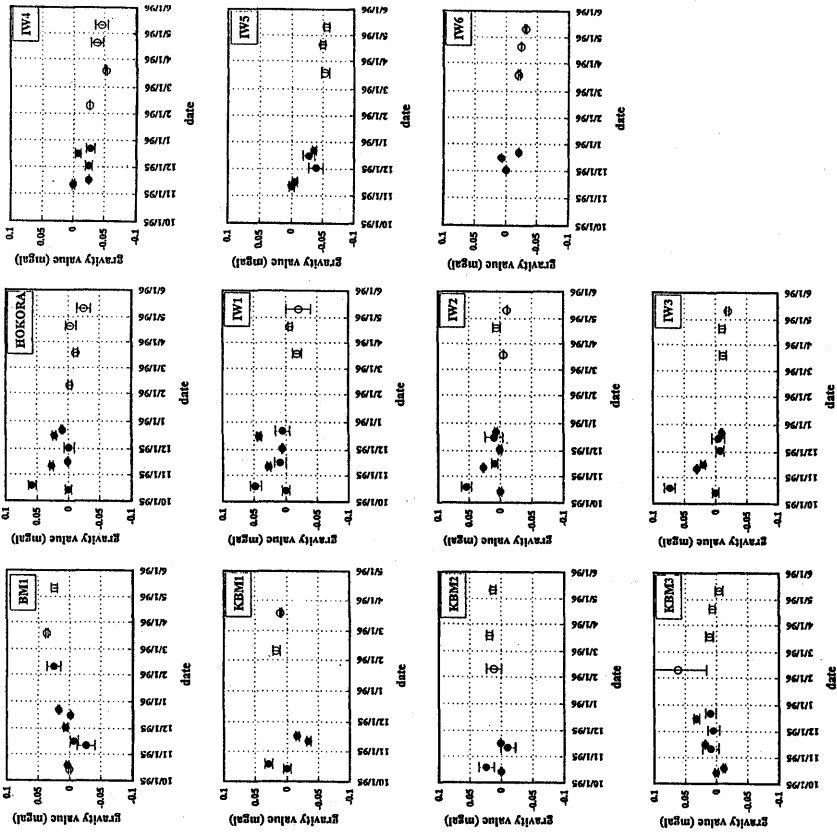
以上、九重火山中心部における、1995 年 10 月 11 日の噴火以降の熱と流体の流れの観測からは、噴火直後から 12 月中旬にかけて、高いレベルの火口活動が継続されたが、12 月下旬の火山灰を噴出する活動後、急速に低下したと言える。しかし、その後の 3 月下旬以降やや表面活動が回復してきている傾向がみられる（なお、この傾向はその後の 6 月下旬ではさらに明瞭となっている）。

## 参 考 文 献

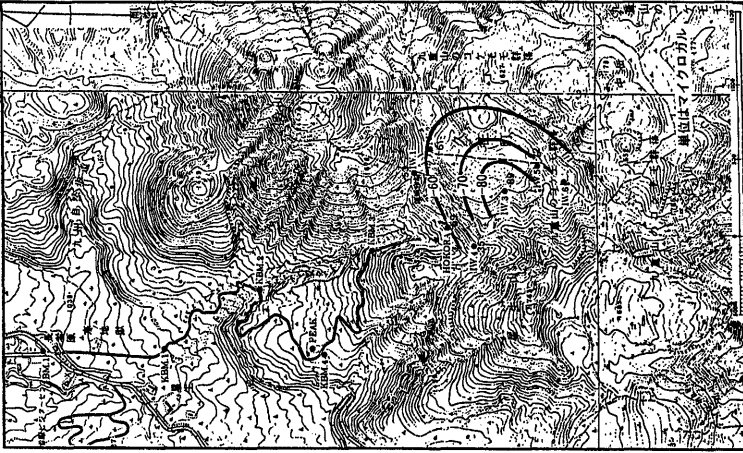
- 1) 江原幸雄・湯島浩三・野田徹郎 (1981): 九重硫黄山からの放熱量・噴出水量・火山ガス放出量とそれらから推定される熱水系と火山ガスの起源, 火山, 26, 35-46.
- 2) 神宮司元治・江原幸雄 (1996): 最大噴気直径を利用した火山噴気放出量及び放熱量測定法, 火山, 41, 23-29.



第 7 図 重力変動観測点  
Fig. 7 Location of repeated gravity observation.



第 8 図 噴火後の重力の経時変化  
(CG-3 型重力計による), ○ (CG-3M 型重力計による).  
Fig. 8 Variations of gravity values after the eruption.  
● (by CG-3 gravimeter), ○ (by CG-3M gravimeter).



第 9 図 1995年10月19日から1996年1月13日までの重力変動量分布  
Fig. 9 Distribution of gravity decreases from Oct. 19, 1995 to Jan. 13, 1996.