

第3章 阿蘇山

田 中 康 裕

3.1 観測の方法

阿蘇山は、火口近くまで車道が通じており、地上から容易に活動火口へ接近できる希少火山の中の一つである。そこで、この火山に対しては空中赤外温度観測のほかに、携帯用赤外線放射温度計を用いて、火口縁から火口内の熱的状況を観測した。観測の時期、使用計器、観測方法等は表 4.3.1 に示してある。阿蘇山に対しては、空中赤外温度観測を3回、地上赤外温度観測を2回実施した。

表 4.3.1 阿蘇山の赤外温度観測

	観測年月日	観測時刻	使用計器	飛行高度	撮影回数
	年 月 日	時 分 時 分		ft	回
1	1974 12 25	17 27 ~ 17 45	IRA-301	8000	3
				5000	2
	26	13 23 ~ 13 30	IRA-301	8000	2
2	1975 3 29	13 ~ 14	MIKRON-44	(地上観測)	
3	1975 11 17	07 40 ~ 08 15	DS-1250	6600	4
4	1976 3 28	13 ~ 14	MIKRON-44	(地上観測)	

空中赤外温度観測のための飛行コースは、図 4.3.1 に示したように、阿蘇山の中央火口丘群上を東西に飛び、中岳火口を中心として東西に長さ約 10 km、幅約 1.5 km の範囲が撮影されるようにした。一方、この空中観測の時刻に合わせて阿蘇山測候所の露場（中岳火口の西約 1.2 km）において地表温度を観測し、これによって空中観測で得られた熱映像の示度を補正した。空中赤外温度観測を実施した 1974年12月25日17時30分の阿蘇山測候所露場の地表温度は-3℃、また、1975年11月17日08時ころの地表温度は4℃であった。

この空中赤外温度観測の結果、異常高温域は中岳火口内と中岳火口の西約 5 km の湯ノ谷温泉地域に存在していることがわかった。ここでは、中岳火口内の異常高温域についてのみ解析を進めることにする。

一方、赤外線放射温度計（MIKRON-44）を阿蘇山中岳の火口縁に設置して、同火口内の地表面温度および噴煙温度を観測した。温度計を設置した位置は図 4.3.2 のXおよびY点である。なお、ここでは、

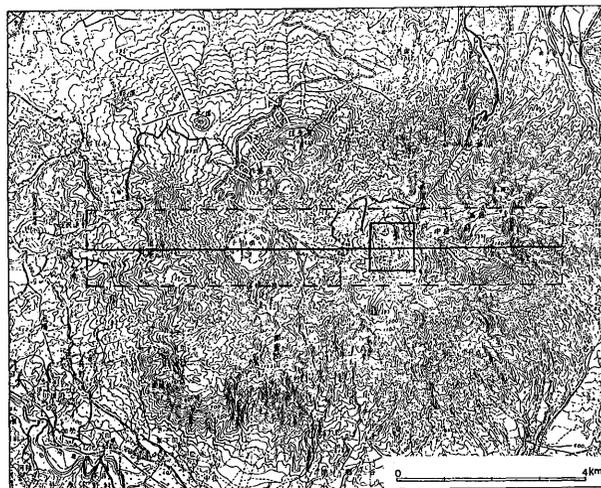


図 4.3.1 阿蘇山の空中赤外温度観測のための飛行コース。飛行コース内の四角な枠は中岳火口で、温度解析を実施した範囲である。

地物の輻射率をすべて1.0と仮定して観測した。

この地上観測は1975年3月29日と1976年3月28日とに行ったが、2回の観測結果を比較検討するため、観測条件をできるだけ揃えた。すなわち、観測時期は1年を経た同じ季節の晴天日を選び、観測時刻は火口内に火口壁の陰ができない時間帯を選んで、太陽が頭上から照らす13時ごろとし、同じ計器を用い、同じ位置から観測した。こうして得られた温度値を基にして、火口内の地表面温度分布図を作った。

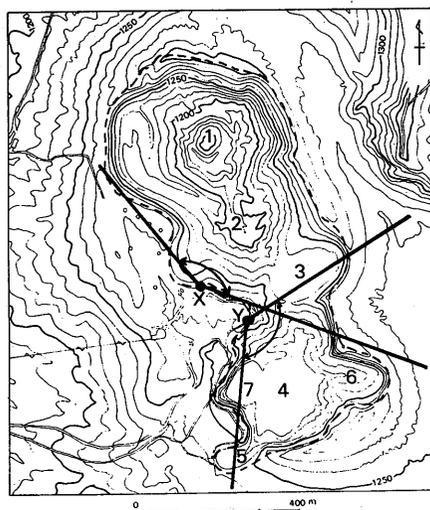


図4.3.2 阿蘇山中岳火口。X, Yは赤外線放射温度計設置点。1, 2, 3, ……7はそれぞれ第1, 第2, 第3, ……第7火口。

3.2 観測時における阿蘇山の火山活動

阿蘇山の中岳火口は7つの火口（それぞれ第1, 第2, 第3, 第4, 第5, 第6, 第7火口と呼ばれている）が合して、周囲約4 kmに及ぶ大きな火口を形成している。そのうち、近年の噴火は第1火口だけで起こっている。

この研究を実施した1974~1976年の第1火口の火山活動は、1974年の後半から1975年の前半にかけて、および、1975年10月から1976年1月の間に活発な噴火活動をくり返したが、その他の期間は穏やかであった。その大要は図4.3.3に示してある。この図は阿蘇山測候所の観測による火山活動資料で、

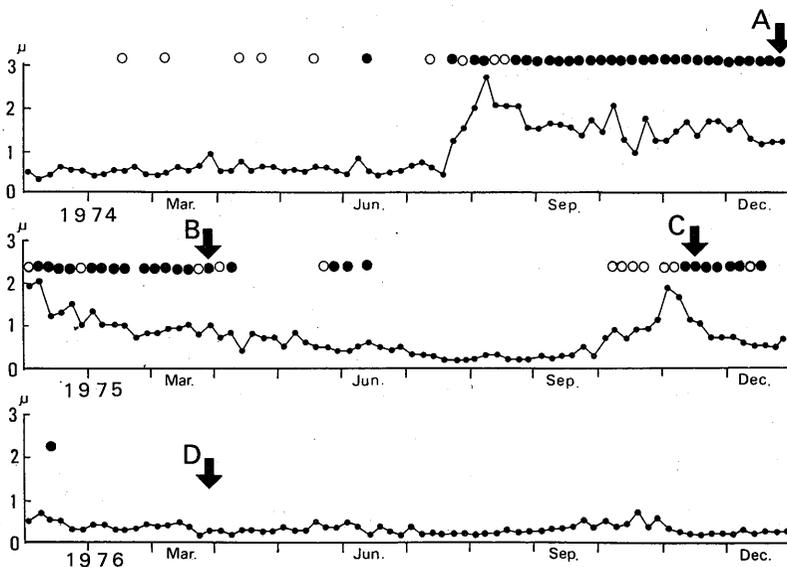


図4.3.3 阿蘇山の火山活動。
●噴火, ○火山灰少量を含んだ噴煙, ・火山性微動の振幅。
A, B, C, Dは温度観測実施時。

小さな黒丸の連結は火山性微動の半旬ごとの平均振幅，●印は顕著な降灰・噴石・爆発音などが観測された時期，○印は火山灰少量を含んだ噴煙を噴出した時期である。噴火活動期中は火山性微動の振幅が大きく，噴石・降灰活動も活発であった。

図4.3.3の中のA, B, C, Dは，この研究に関連した火口の温度を観測した時である。AとBは活発な噴火活動中における観測，Cは一度静かになった噴火活動が再び活発化した時の観測，Dは噴火活動が全く静穏化してからの観測である。

3.3 1974年12月25日と1975年11月17日の空中赤外温度観測

1974年12月25日には日没後に，翌26日には日中に，同じIRA-301を用いて空中赤外温度観測を実施した(表4.3.1)。この両者の熱映像を比較したところ，ほとんど同じようなものが得られていた。この季節の山岳の地表面温度は昼夜とも低いため，熱映像に与える日射の影響は少ないらしい。また，12月26日の天気は薄曇りであったことも，日射の影響が少なかった理由の一つであろう。そこで，ここでは1974年12月25日の観測値を記載する。

一方，1975年11月17日はDS-1250を使用して，日出前に観測を実施した。

上記2回の空中赤外温度観測によって求めた中岳火口の温度分布図を，それぞれ図4.3.4，図4.3.5に示す。両図とも異常高温域は第1，第2，第3火口内にあるだけで，第4，第5，第6，第7火口内および火口外にはない。

火口内の地表面温度の最高値は，1974年12月には60℃以上(ただし図4.3.4には図面の都合で40℃以上が示してある)，1975年11月には45℃以上が観測されたが，その場所はいずれも第1火口底に

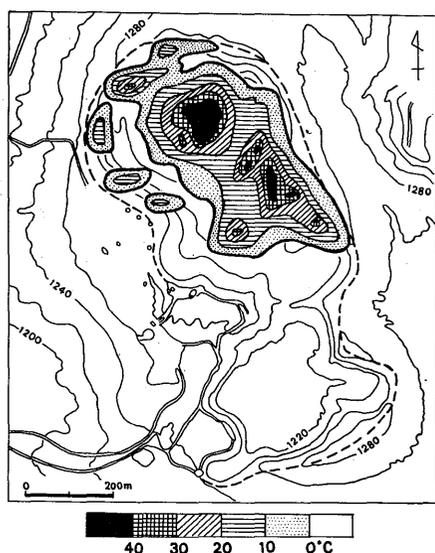


図4.3.4 阿蘇山中岳火口の地表面温度分布図(1974年12月25日観測)

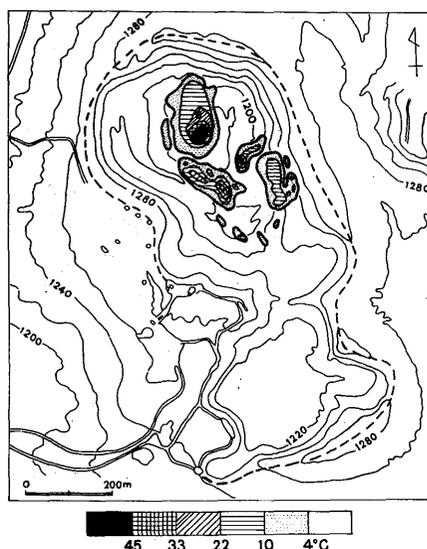


図4.3.5 阿蘇山中岳火口の地表面温度分布図(1975年11月17日観測)

あった。

この2回の空中赤外温度観測は、使用した計器、観測した季節、観測時刻、飛行高度などが違うので、厳密な比較はできないが、それでも、1975年11月の高温域の面積は1974年12月のものより、かなり狭くなっていることがわかる。

3.4 1975年3月29日と1976年3月28日の地上赤外温度観測*

図4.3.6は1975年3月29日の観測時に、阿蘇山中岳火口縁のX点(図4.3.2に示してある)から撮影した同火口内の写真である。図4.3.7は図4.3.6の画面に合わせた火口内のスケッチである。同図の中の小さな数字はX点から赤外線放射温度計で観測した地表面温度(℃)、大きな数字1, 2, 3, 4は、それぞれ第1, 第2, 第3, 第4火口の位置である。図4.3.7を基にして、異常高温域を地図上に書きなおすと図4.3.8のようになる。

1976年3月28日における観測結果も、1975年の場合と同様な方法で表現することにして、X点付近から撮影した写真を図4.3.9に、地表面温度と火口を記入したスケッチを図4.3.10に、地図上に書きなおした温度分布図を図4.3.11に示す。

図4.3.7と図4.3.10に記入した温度を比較すると、1975年の地表面温度は1976年のものより全

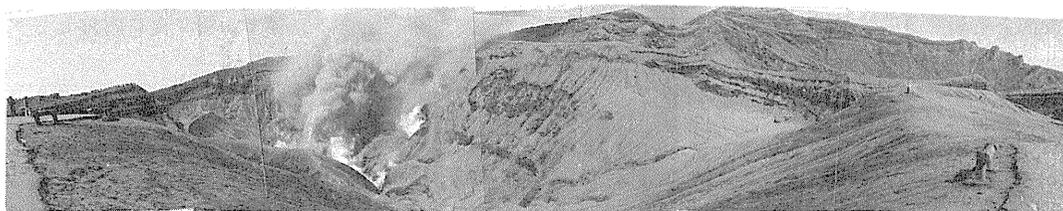


図4.3.6 阿蘇山中岳火口縁(図4.3.2のX点)から望んだ同火口内の状況(1975年3月29日)

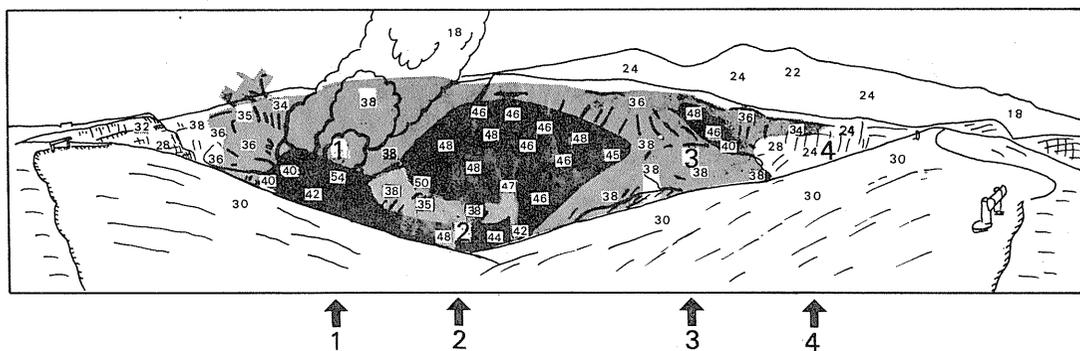


図4.3.7 図4.3.6に合わせた中岳火口内のスケッチと赤外線放射温度計で観測した温度(図中の小さな数字)。大きな数字1, 2, 3, 4はそれぞれ第1, 第2, 第3, 第4火口の位置。

* 田中康裕・古田美佐夫・中禮正明観測

般にかなり高い。しかし、赤外線放射温度計を設置したX点近くの火口壁や火口縁のように、兩年とも同じ値(30℃)を示している所があるので、その温度を基準にして両図の中の温度を比較することができる。すなわち、図4.3.7と図4.3.10とで、薄黒く塗った地域は30℃より高い温度の所である。また、図4.3.7には40℃以上はかなり広い高温域があるので、その地域はさらに濃い黒色に塗って区別してある。この濃色の地域の一部からは少量の噴気が立ちのぼっているのが認められた。

図4.3.7の温度分布の状態から、1975年の観測時の中岳火口には、第1火口から第3火口まで続いた広い異常高温域が発生していたことがわかる。中でも第1火口底とその火口壁の一部、第2

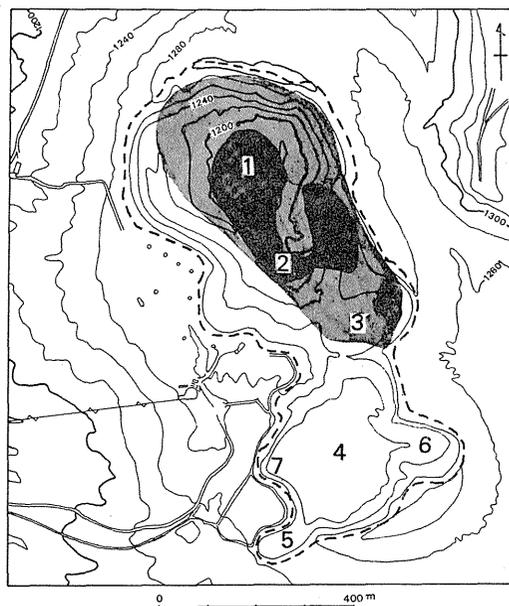


図4.3.8 阿蘇山中岳火口内の異常高温域 (1975年3月29日)

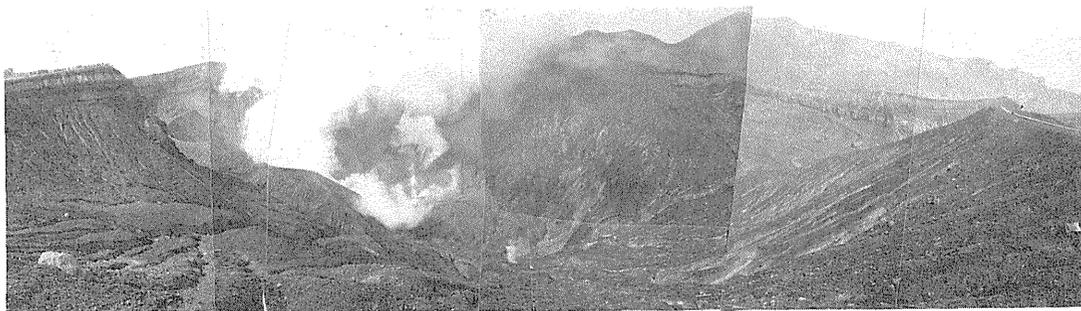


図4.3.9 阿蘇山中岳火口縁(図4.3.2のX点)から望んだ同火口内の状況(1976年3月28日)

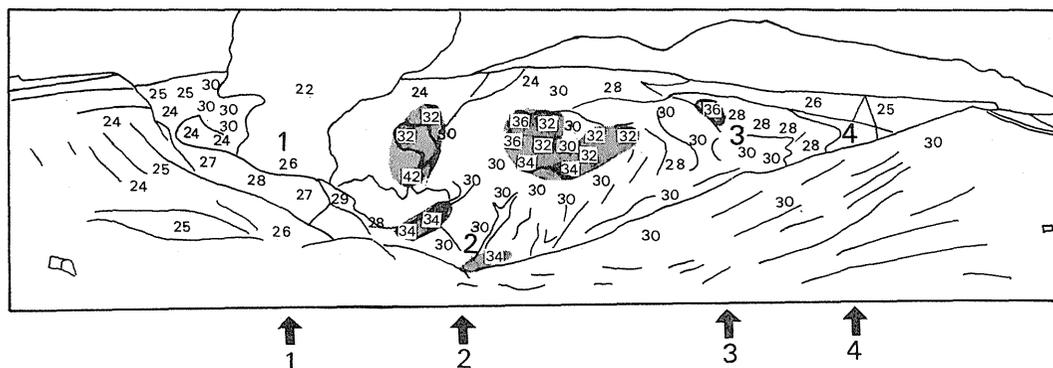


図4.3.10 図4.3.9に合わせた中岳火口内のスケッチと赤外線放射温度計で観測した温度(図中の小さな数字)。大きな数字1, 2, 3, 4はそれぞれ第1, 第2, 第3, 第4火口の位置。

火口底とその火口壁の一部、第3火口の火口壁の一部には、かなり高温な地域が存在していた。

一方、図4.3.10からわかることは、1976年の観測時の異常高温域はかなり狭くなって、わずかに第1火口底、第2火口底、第1火口と第2火口間の東側火口壁の一部、第2火口の東側火口壁、および第3火口の東側火口壁の一部などに分散している程度である。これらの火口壁の異常高温域の一部からは、わずかに噴気が立ちのぼっている所があった。

次に観測点を中岳火口縁のY点(図4.3.2に示してある)に移し、第4、第5、第6、第7火口を含む中岳火口の南半分の地域について地表面温度を観測した。この地域での火山活動は、近年は非活動的で、数十年来噴火の記録はない。また、

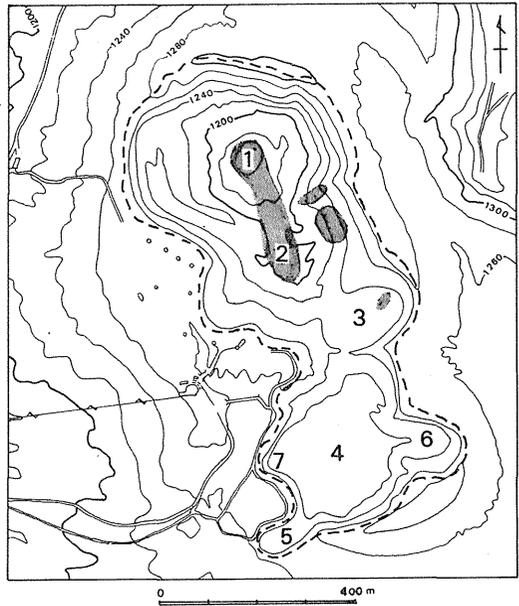


図4.3.11 阿蘇山中岳火口内の異常高温域 (1976年3月28日)

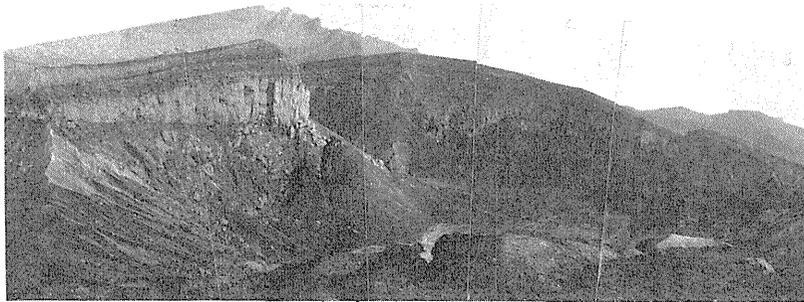


図4.3.12 阿蘇山中岳火口縁(図4.3.2のY点)から望んだ同火口内の状況(1976年3月28日)

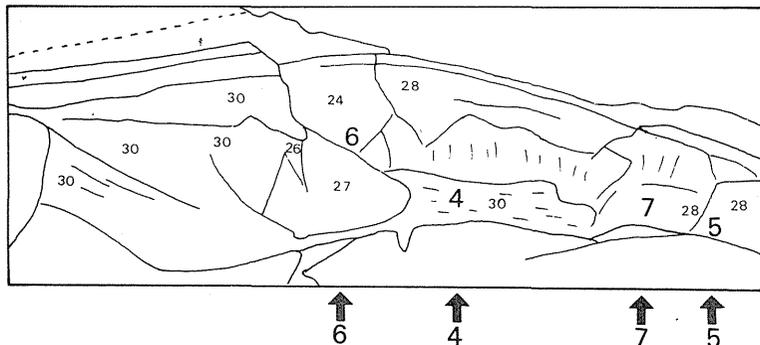


図4.3.13 図4.3.12に合わせた中岳火口内のスケッチと赤外線放射温度計で観測した温度(図中の小さな数字)。大きな数字4, 5, 6, 7はそれぞれ第4, 第5, 第6, 第7火口の位置。

1975年、1976年とも、噴気活動は全く認められなかった。

図4.3.12は、1976年の観測時にY点から撮影した中岳火口内の写真であり、図4.3.13はその写真に合わせたスケッチである。図中の小さな数字は温度(℃)で、大きな数字4、5、6、7は、それぞれ第4、第5、第6、第7火口の位置である。

この地域についての地表面温度のくわしい観測は1976年に行っただけであるが、温度は全般にかなり低く、31℃以上の高温域は観測されなかった。1975年にも同様に低温であったものと推定される。

3.5 火口の地表面温度と火山活動との関係

この研究に関連した期間中の阿蘇山の火山活動状況については第3.2節で述べたが、第1回目の温度観測(空中観測、1974年12月、図4.3.4)と第2回目の温度観測(地上観測、1975年3月、図4.3.8)とは、ともに顕著な噴火活動中に実施したものである。また、第3回目の温度観測(空中観測、1975年11月、図4.3.5)は弱い噴火活動中に、第4回目の温度観測(地上観測、1976年3月、図4.3.11)は火山活動の静穏期中に実施したものである。

顕著な噴火活動中の第1回目および第2回目の観測によって求めた温度分布図(図4.3.4と図4.3.8)は、観測計器、観測時期、観測方法などが違うので、温度分布図の細部にわたる比較はできないが、それでも、同程度に広がった異常高温域があることが認められる。

次に第1回目と第3回目との観測(いずれも空中観測、図4.3.4、図4.3.5)による温度分布を比較すると、一見して後者の高温域は前者のものよりかなり狭くなり、かつ、温度も全般に低下していることがわかる。前者の観測時期の火山活動は後者のそれよりも活発であったことから、火口の地表面温度は火山活動の強弱をよく反映していることがわかる。しかし、この2回の空中観測は、使用した計器、観測した季節、観測時刻、観測高度などが違うため、温度を詳細に比較することには問題がある。

一方、観測条件を十分に揃えた1975年3月(図4.3.7、図4.3.8)と1976年3月(図4.3.10、図4.3.11)との地上観測では、温度と火山活動との関係を詳しく比較できる。

図4.3.8と図4.3.11とから、異常高温域の面積は、それぞれ $16.0 \times 10^4 \text{ m}^2$ 、 $1.6 \times 10^4 \text{ m}^2$ と求まり両者は10倍も違う。次に、1975年と1976年とに火口内の同一地点を測った温度を比較して図4.3.14に示す。図中の●印は両年とも異常高温を示した値(1975年には40℃以上で、かつ、1976年には大部分が31℃以上)、●印は1975年には $39^\circ \sim 31^\circ \text{ C}$ であったが、1976年には30℃以下に変った所、○印は両年とも30℃以下の所である。この図からわかるように、噴火活

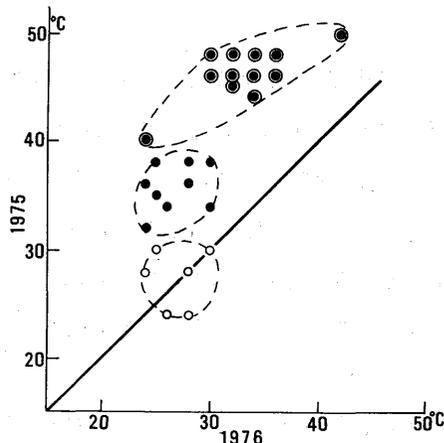


図4.3.14 1975年3月29日と1976年3月28日における中岳火口内の地表面温度の比較

動期（1975年）の地表面温度は静穏期（1976年）の時より、全般に10～15℃程度も高温である。

3.6 噴煙の温度

1975年3月29日に図4.3.2のX点から、中岳第1火口の噴煙の表面温度を赤外線放射温度計で観測した。噴煙の輻射率については、これまでに測定された資料が全くなく、不明であるが、ここでは1.0と仮定した。噴煙が火口から噴きあげられて間もない位置（第1火口の火口縁上10～20m）をMIKRON-44で照準し、約30秒ごとに、約10分間にわたって、くり返し温度を測った。

観測結果は図4.3.15のとおりである。この図からわかるように、温度は観測のたびに違っていた。これは、当時、火口から火山灰を含んだ濃い色の噴煙および水蒸気の多い白色の噴煙を交互に盛んに噴きあげていたためだと思われる。火山灰を多量に含んだ噴煙を勢よく噴きあげた瞬間の温度は高く、白煙だけを噴きあげている時の温度は低かった。わずか10分間の観測だったが、後程に噴出した噴煙ほど色が濃く、温度は高くなった傾向を示している。

これに対して、1976年3月28日の噴煙の温度は全く変化がなく、始めから終わりまで26℃を示していた。この時は白色の噴煙を静かにあげていた。

噴煙は上昇するにしたがって、その温度が急激に冷える。その状態は図4.3.7および図4.3.10の噴煙のスケッチの中に小さな数字で観測値が記入してある。

なお、ここで観測した噴煙の表面温度は全般に低過ぎるように思われるが、その原因の一つとして、輻射率を大きく仮定していることがあげられよう。

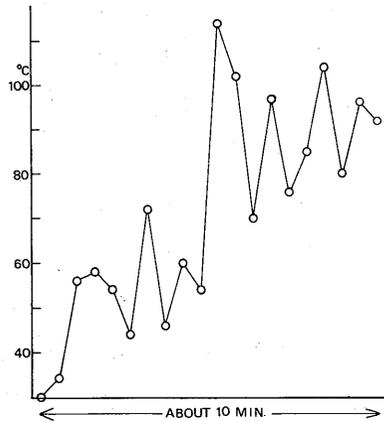


図4.3.15 噴火活動中の阿蘇山中岳第1火口の噴煙の温度の変動

3.7 阿蘇山に対するこれまでの赤外温度観測

阿蘇山の火山活動を対象として、これまでに実施された赤外温度観測は、上述の4件（気象研究所地震火山研究部，1975，1977．田中・他，1976．田中，1977）のほか、1977年12月28日に久保寺・他（1978）によって実施されたものがある。この観測は気象研究所が使用したDS-1250と同型の計器で行っており、中岳火口内の第1火口、第2火口、第3火口内に高温域を検知している。その位置は1974年および1975年の空中赤外温度観測の結果とほぼ同じであり、阿蘇山の火山活動に大きな変化は起こっていない。

久保寺・他（1978）は上記の観測と同時に、阿蘇カルデラ内の異常高温地帯に対しても空中赤外温度観測を実施した。それによると、地表面温度ないし湧水温度が若干高い所は、中央火口丘群の西部地域から湯の谷温泉にかけての地帯、およびカルデラ北西部の内ノ牧温泉地域に見つかっている。

参 考 文 献

- 気象研究所地震火山研究部 (1975) : 赤外線熱映像による阿蘇山および桜島の火山観測. 火山噴火予知連絡会会報, 3, 17-19.
- (1977) : 気象研究所における「火山噴火予知の研究」. 火山噴火予知連絡会会報, 8, 19-32.
- 久保寺章・須藤靖明・太田一也 (1977) : 航空熱測定. 阿蘇火山集中観測 (第1回) について. 火山2集, 23, 157-158.
- 久保寺章・須藤靖明・太田一也 (1978) : 空中赤外線映像法による阿蘇および雲仙火山の熱的調査. 阿蘇火山の集中総合観測 (第1回 1977) 報告, 40-50.
- 田中康裕・吉田美佐夫・中禮正明 (1976) : 赤外線放射温度計による阿蘇山中岳火口内の温度測定. 火山2集, 21, 185-197.
- 田中康裕 (1977) : 阿蘇山の熱映像の調査研究. 噴火予知のための主要活火山における熱的状態の調査研究, 文部省自然災害特別研究, No. A-52-1, 109-120.