

「阿蘇おろし」に伴い発生した阿蘇カルデラの火口瀬付近を流下する層雲

佐川, 正人 / Sagawa, Masato

(出版者 / Publisher)

法政大学大学院

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

大学院紀要 = Bulletin of graduate studies / 大学院紀要 = Bulletin of graduate studies

(巻 / Volume)

50

(開始ページ / Start Page)

13

(終了ページ / End Page)

25

(発行年 / Year)

2003-03

(URL)

<https://doi.org/10.15002/00009539>

「阿蘇おろし」に伴い発生した 阿蘇カルデラの火口瀬付近を流下する層雲

人文科学研究科 地理学専攻
博士後期課程3年 佐川 正人

Stratus flows around the Tateno barranco of Mt.Aso caused by "Aso-Oroshi", in Kyusyu, Japan.

摘 要：九州地方の中央部にある阿蘇カルデラの火口瀬に位置する立野から瀬田にかけては、一般に「まつぼり風」と呼称される東寄りの局地的な強風の吹走することが知られている。2000年10月11日、現地にて「阿蘇おろし」に起因すると考えられる雲の流れを確認した。本研究ではこの事例について既存の気象観測資料を用いて解析、考察し、報告する。

キーワード：まつぼり風、阿蘇カルデラ、気温逆転、阿蘇おろし

Abstract : A local easterly strong wind prevails from the point of Tateno to that of Seta located in the western rim of Mt.Aso in Kyushu District. This local strong wind is well known as "Matsubori-kaze" or "Aso-Oroshi", which is restricted in the Tateno barranco of Mt.Aso. The purpose of this study is to investigate the characteristics of this local strong wind by using the meteorological data around the barranco of Mt.Aso. The meteorological data of this study include routine surface meteorological observations at AMEDAS observatories and observatory of Kyushu Electric Power Co., Inc and Ministry of Land, Infrastructure and Transport's observatories. While it is usually calm around the Toshita district on the barranco bottom of Mt.Aso, a weak wind is recognized there during blowing of the local wind. When the local wind blows, the airflow runs down the barranco raising the potential temperature. The difference of potential temperature between Aso-Otohome and Tateno is lower than that between Tateno and the Kikuchi-minami Fire station.

Key words: "Matsubori-kaze", barranco of Mt.Aso, temperature inversion, "Aso-Oroshi"

I. はじめに

九州地方の中央部にある阿蘇カルデラの火口瀬に位置する立野から瀬田にかけては、局地的な東寄りの強風の吹走することが知られている。この強風を一般的には「まつぼり風」とこれまで呼んできた。この「まつぼり風」について、若干長文になるが過去の文献を整理しておきたい。

長陽村(2000)においては、菊池市東部から立野にかけて3種の「まつぼり風」の吹走が指摘されている。すなわちその3種とは①菊池市北東部で夏から秋にかけて吹走する「弥護山おろし」のことを指し、稲作等の収量が「まつぼり」¹⁾にあったように減少するため名付けられている。②旧瀬田村付近で「阿蘇山おろし」が白川沿いに吹走するという現象を指し、これには季節性がない。③立野付近に吹走する強風を意味し、これにも季節性は無い(原文では「現在ではこれが有名」と指摘)。これら3つが「まつぼり風」に該当するとして指摘されているものの、「まつぼり」という言葉はほとんど死語に近い状況のようである。

気候・気象学という観点から、古いものでは早水・山鹿(1950)で「マツボリ風」という名称が用いられている。従来、「まつぼり風」は、「阿蘇山の火口原には夜間冷気がたまり、これが外輪山西側の一部を切る谷に沿って流出する」(吉野ほか編、1985)のように考えられてきた。

一方、小野寺(1975)ではこの冷気流出説に異議を唱え「まつぼり風」を「二層流の風下に発生する」風と推測している。東谷(1975)では「まつぼり風」の風向に相当する「東寄りの強風」に対し解析をおこなっている。この解析の結果、「東寄りの強風」の吹走前後には上空の800~900hPa付近に30~40ノットの強風が観測される

と彼は述べている。ただし、「冷気流」、「(阿蘇カルデラの) 冷気湖」等の指摘は無い。Yoshino (1975) では「Out of cold air pool formed in crater basin」等の表現で「まつぼり風」を説明し、「まつぼり風」は冷気の蓄積に起因する風、という立場を鮮明にしている。

現地において比較的広範囲にわたって風向・風速の観測を行った研究の一つに森 (1989) を挙げることができる。ただし、これとて定点観測は2地点のみであり、そのほかは移動観測の結果に依拠しているため、この究明には限度がある。つまり、森 (1990) でも述べているように移動観測の観測点が若干不足していた。綾 (1995) は火口瀬周辺の気象観測値を用いて、風向・風速の出現と気圧配置との比較を中心に研究を試みている。観測地点は九州東海大学農学部露場、立野ダム工事事務所戸下観測所、同瀬田観測所の3地点であり、期間は1990年から1993年にかけてである。これによれば、「まつぼり風」を立野火口瀬に吹走する風速 10ms^{-1} 以上の風と定義している。戸下や農学部露場では台風の圏内に入った時でなければこのような強風は吹走していない。瀬田観測所の値を用いた統計によると、「まつぼり風」の発生は3～5月、および10～11月に頻出し、この春と秋とで全体の65%を占める。綾 (1995) にて注目すべきは「まつぼり風」を気圧配置別に分類し、「高気圧性」と「低気圧・前線性」とに区分した上で「まつぼり風」の吹走についてふれている点であり、「まつぼり風」の原因となる気圧配置を3種類あげている。つまり、①いわゆる古典的な説明といえる冷気による「まつぼり風」として、阿蘇地方が高気圧圏内に入りカルデラ内の放射冷却が進行し、立野付近の火口瀬で冷気が流出し、強風となるパターン。②九州の南西海上に低気圧から伸びる温暖前線が位置し、低気圧の北東進に伴って850hPa付近の前線面が阿蘇外輪山の南側を乗り越え、暖気が火口原の冷気を押しつけ火口瀬に流出し、立野付近で強風になるパターン。③阿蘇地方が九州西方に位置する高気圧の縁辺部に相当する場合、弱い北西～東の風が火口瀬にて収束し、立野付近で強風となるパターン。の3つである。そして、これら3つのパターンに大別してその後の論を展開している。ただし、残念なことに火口瀬内の気温の観測資料が無いにもかかわらず、火口瀬の詳細な形状と冷気の移動について述べている点は「推定」とは申せ、いささか疑問が残る。もちろん、この点は綾 (1995) においても問題点として指摘されている。

桑名 (1996)、および三浦 (1996) では冷気湖の様子を確認するためにカルデラ内にて気温の移動観測を遂行し、同時にパイロットバルーンによる風の鉛直観測もおこなっている。またこれらをまとめて報告したものが谷治 (1996) である。桑名 (1996) は冷気湖に主眼をおいて研究している。この研究では阿蘇谷と南郷谷の地形の違いから双方の気温差について指摘している。その理由として次のように記している。阿蘇谷を流れる黒川は(カルデラ内の) 上流と下流では標高差が小さい。これに対して南郷谷を流れる白川の標高差は大きい。阿蘇谷は平坦な盆地状の地形であるのに対し、南郷谷は外輪山と中央火口丘に挟まれた狭い谷底の地形である。このため南郷谷よりも阿蘇谷の方が冷気の蓄積しやすい地形となっている。これらの理由により阿蘇谷の最低気温は南郷谷のそれよりも低いと述べている。また三浦 (1996) は立野火口瀬の一帯で吹走する強風について、「阿蘇の朝おろし」と「まつぼり風」に区別して研究を進めている。「阿蘇の朝おろし」の基準として、1600JSTから翌日昼ぐらいまでの間に継続して立野小学校、もしくは大津東小学校にて東寄りの風速 5ms^{-1} 以上の風が吹走していることとしている。

一方、出現時刻にこだわらず立野小学校、大津東小学校にて10分間平均風速が 10ms^{-1} を越え、かつ東寄りの風を「まつぼり風」と定義した。これらの定義に対照すると、1994年11月から1995年04月までの181日間に「まつぼり風」は15日間出現した。その原因の主たるものは阿蘇カルデラに蓄積する冷気ではなく、綾 (1995) にて述べられている九州西方に位置する高気圧の影響によるものである。「阿蘇の朝おろし」(阿蘇カルデラに蓄積する冷気が主因である風) は79日間現れている。東寄りの風については地衡風との関係について言及し、カルデラ内の気温低下量よりも地衡風の効果の方が大きく、地衡風の影響を受けなければ最大風速は 8ms^{-1} ほどに留まる、という結果を得ている。

黒瀬ほか (2002) では「阿蘇おろし」として「阿蘇盆地に溜まった冷気が外輪山の切れ目を流下する」風として定義している。「阿蘇おろし」は最大風速で 6ms^{-1} 以下とされているが、立野火口瀬の1地点の観測(内牧)だけで断言するにはいささか無理がある。またそこでは気温の鉛直分布に関して言及しているが、阿蘇カルデラ内と立野火口瀬の鉛直分布を1つの移動観測にて示し、あたかも1つの地点の気温鉛直分布のような図示があり、場所的、時刻的な同時性において若干問題があるように思われる。

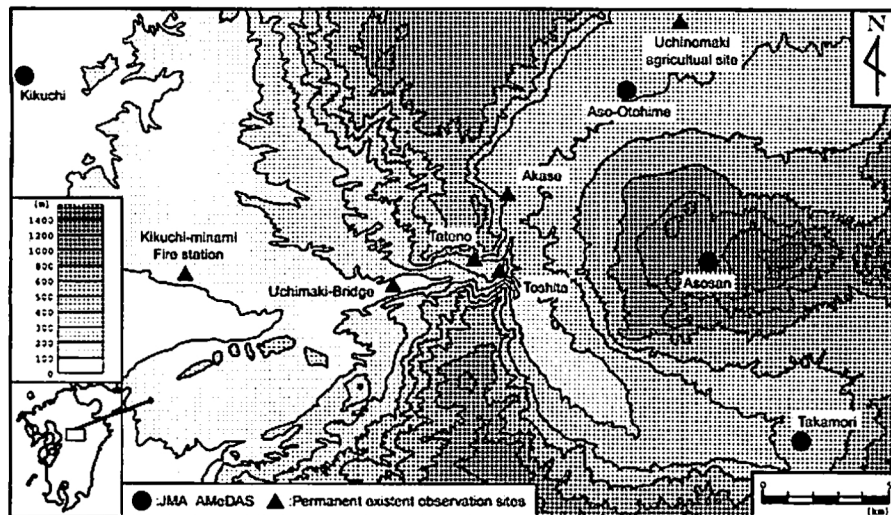
このように三浦（1996）、谷治（1996）、黒瀬ほか（2002）を除けば、「まつぼり風」という語句に対して「冷気の蓄積による火口瀬付近の大気の流れ」という立場と「気圧配置を起因とする一般風による火口瀬付近の大気の流れ」という立場の混同がみうけられる。

今回、筆者が現地調査のため阿蘇地方に出向いた際、「まつぼり風」の吹走に伴う雲の流れを目視することができ、これを撮影した。本稿ではこの雲の流れについて、阿蘇カルデラ付近の既存の気象観測資料を用いて若干の解析を加えて報告することを目的とする。

解析を進める際に本稿で用いる語句に対して、混乱を回避する目的からまず整理しておく。立野の火口瀬付近に吹走する東寄りの風について、本論では断らない限り「阿蘇おろし」、「まつぼり風」、および「火口瀬に吹く風」に分けて論を進める。「阿蘇おろし」は、阿蘇カルデラ内に蓄積する冷気を主因とする風とし、谷治（1996）、黒瀬ほか（2002）に従った。「まつぼり風」は「まつぼり」という語句の性格から「農作物に被害を及ぼすほどの強風」と考えられるので綾（1995）にて述べられている「低気圧、前線性等の一般風による風」とした。最後に、原因を考慮せず本対象地域に吹走する東寄りの風全般に対しては便宜的に「火口瀬に吹く風」とした²⁾。

Ⅱ．対象地域の概要と使用資料

研究対象地域は熊本県に位置する阿蘇カルデラ、および立野火口瀬を中心とする地域である（第1図）。立野火口瀬は阿蘇山を中央火口丘とする阿蘇カルデラ外輪山から流れ出る白川によって形成された。外輪山の標高は1000m前後、中央火口丘の標高は高岳の1592mで、カルデラの規模は南北約25km、東西約18kmである。白川はカルデラ内において主な支流として黒川を持つ。カルデラの南部を白川が流れて南郷谷を形成する。一方の黒川はカルデラ北部の阿蘇谷を流下する。阿蘇谷はカルデラ湖の堆積物の堆積面であり、南郷谷に対して比較的平坦である。南郷谷の谷線に沿った勾配は阿蘇谷のそれと比較して大きく、その谷底幅も狭い。白川と黒川はカルデラ西縁の戸下付近で合流し、立野付近の火口瀬を通過した後、内牧、瀬田方向へ「白川」として流下していく。また立野付近は火口瀬という名前のとおり、深い峡谷部になっている。



第1図 研究対象地域の概略図、および観測地点。

Fig.1 Location of the Aso Caldera and Tateno barranco in Kyushu, as well as observation sites.

立野火口瀬の周辺地域にある気象観測地点としては、気象庁のAMeDASの他、いくつか常設の観測所が存在する。南郷谷には白川の上流部に相当するAMeDAS高森、阿蘇谷のほぼ中央部にはAMeDAS阿蘇乙姫、中央火口丘の頂上付近にはAMeDAS阿蘇山がそれぞれ存在する。また研究対象である立野火口瀬付近に吹走する強風の影響を受けない地点としてAMeDAS菊池を選定した（以下それぞれA高森、A乙姫、A阿蘇山、A菊池と表記する）。他の常設気象観測所として、国土交通省管轄の瀬田観測所、立野観測所、戸下観測所がある。瀬田観測所は瀬田市街から離れて設置されていて、大津町内牧（うちまき）付近の白川にかかる内牧橋（うちまきばし）

上に設置されている。瀬田観測所という名称は地理的位置から見て誤解を招くので本論では「内牧橋」とあえて呼称することにする。立野観測所は立野市街地内にあり、白川が流下する谷底（標高約220m）よりもかなり標高の高い位置（標高約327m）に設置されている。この他には菊陽町の菊池南消防署、それに九州電力（株）の赤瀬観測所（以下、赤瀬）の気象観測資料を用いた。菊池南消防署（以下、消防署）は白川より約2.5km北に位置していて、白川の河谷との標高差は約20mである。赤瀬観測所は黒川にある九州電力（株）黒川第一発電所の取水口に位置している。阿蘇谷内で常時気象観測を行っている地点として、阿蘇町役場が内牧（うちのまき）に設置している農業気象観測所（以下、内牧）がある。以上の観測地点を第1表に示す。

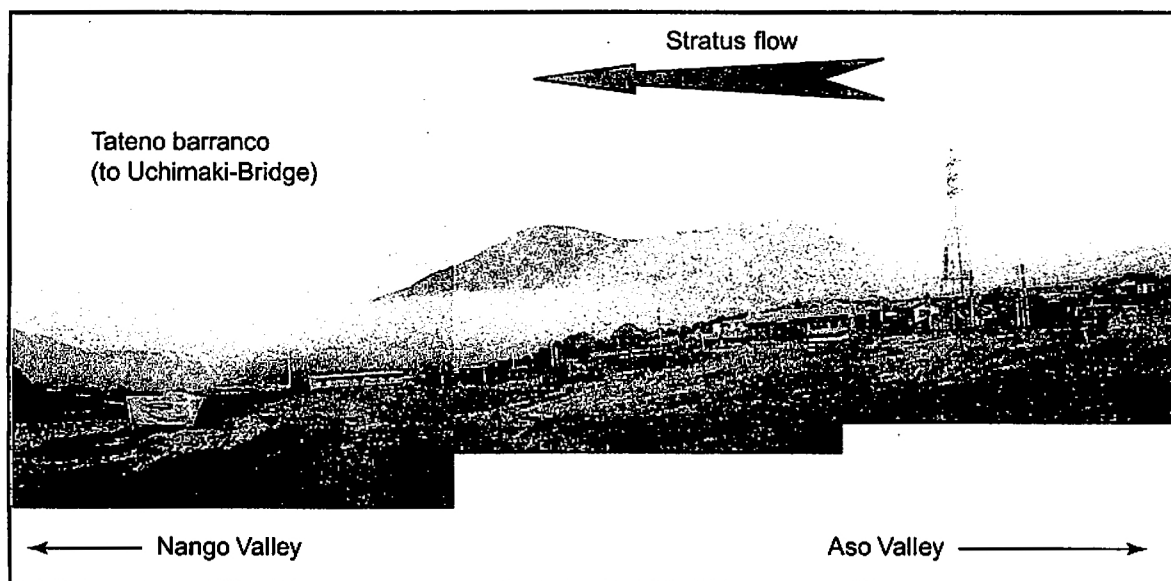
消防署、内牧橋、立野、戸下、内牧ともに風向・風速の測定間隔は1時間であり、毎正時前10分間の平均風向・風速を観測している。なお風向の分解能はそれぞれ16方位であり、風速の分解能は消防署、および阿蘇町役場観測所が 0.1ms^{-1} 、国土交通省管轄が 0.5ms^{-1} である。赤瀬の観測方法は自記紙による連続記録であって平均風向・風速を記録していない。

第1表 観測地点一覧
Table 1 The list of observation site.

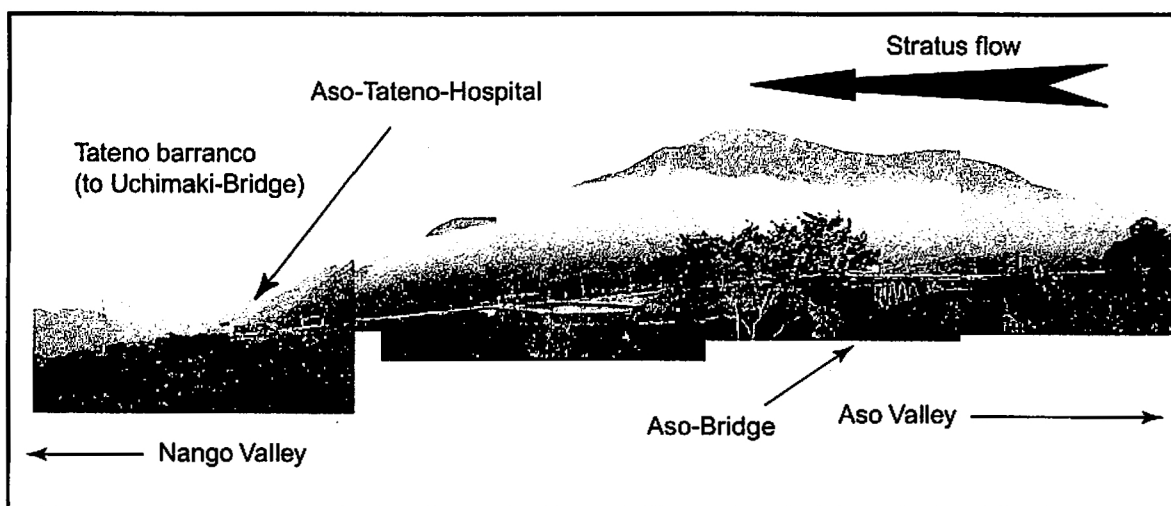
Site name	Affiliation	Note	Latitude ° ' "	Longitude ° ' "	A.L.S. [m]
Kikuchi	JMA AMeDAS		32 56 42	130 46 48	81
Aso-Otochino	JMA AMeDAS		32 56 18	131 02 36	497
Asozan	JMA AMeDAS		32 52 36	131 04 30	1143
Takamori	JMA AMeDAS		32 49 06	131 07 36	551
Uchinaki-Bridge	Ministry of Land,Infrastructure and Transport	interval 1H	32 52 06	130 56 23	155
Toshita	Ministry of Land,Infrastructure and Transport	interval 1H	32 52 21	130 59 15	270
Taeno	Ministry of Land,Infrastructure and Transport	interval 1H Mar.2000 start	32 52 26	130 58 42	327
Kikuchi-minami Fire station	Kikuchi-minami Fire station	interval 1H	32 52 00	130 51 00	105
Uchinomaki agricultural site	Aso town office	interval 1H Oct.1999 start	32 57 57	131 03 42	480
Akase	Kyushu Electric Power Co.,inc	Autographic records	32 53 57	130 59 26	470

Ⅲ.「阿蘇おろし」吹走時の各地点における気象要素の変化

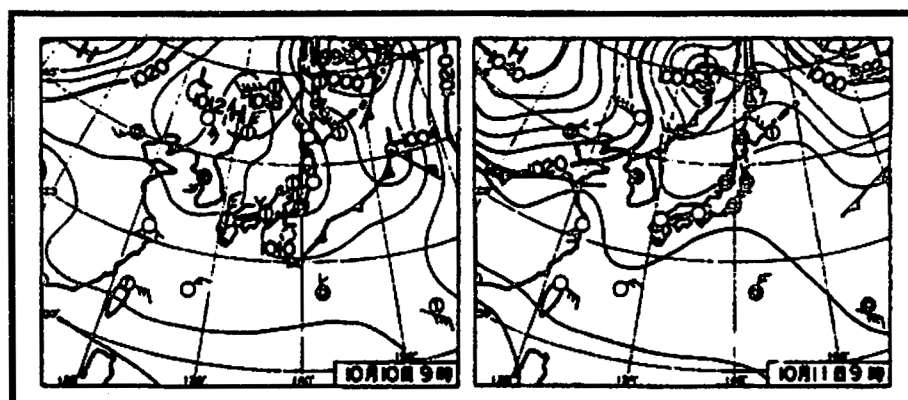
2000年10月10日から11日にかけて現地（阿蘇カルデラ）調査を筆者が行っていた際の11日朝方に興味深い気流の流れを確認できた。そのときの写真を第2図、および第3図に示す。当日および前日の09時JST（以下、時刻表記はすべて日本時間）地上天気図は第4図に示すように、九州地方はおおむね高圧部に覆われている。第2図、および第3図の撮影位置は阿蘇谷と南郷谷の合流点付近の高台上である（第5図）。第2図は11日07:20頃、第3図は11日07:30頃の撮影である。写真上に加筆しているように、風の流れは2枚とも右（北東）から左（南西）である。当日（11日）、現地はほぼ快晴であったものの、阿蘇谷方向から火口瀬に向かって雲（霧）の比較的高速な流れが目視によって確認できた。雲の流れは阿蘇大橋（標高404m）よりも上方で、かつ、外輪山（撮影地点付近で標高約800m）よりも低い位置を流下している。雲の流れは阿蘇大橋を過ぎたあたりで急に谷の地形面に沿う形で高度を低くしている。雲は阿蘇立野病院あたりで消滅しているものの、これは気流が消滅（滞留）したというよりも、気流の下降に伴う断熱昇温のため飽和となった結果と考える方が妥当である。第5図の左側（黒川と白川の合流部付近）を見ると理解できるように、阿蘇谷からの雲の流れは確認できるものの、南郷谷方向からの雲の発生、流下は見られなかった。阿蘇谷と南郷谷の合流地点付近においても、阿蘇谷方向からの雲の流下しか目視できなかったということは、火口瀬付近での風は阿蘇谷からの気流の流れに多く支配されている可能性が指摘できると思われる。阿蘇谷（A乙姫）と南郷谷（A高森）の気温差を第6図に示す。地点間の高度差による気温の違いを考慮し、気温を温位に換算して図示してある。温位の算出に当たっては気温減率を $0.65^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ として計算してある（以下、温位の算出に当たっては同様の計算を行った）。第6図によると日の入り（熊本にて17:54頃）後、1時間弱すぎからA高森の温位が高くなり、夜間には、ほぼ一定の温位差で推移している。日の出（熊本にて06:16頃）1時間後ぐらいからは、温位差が大きくなるものの、12時過ぎ頃に温位差はほぼ解消される。このように、南郷谷と比較して阿蘇谷の方で、放射冷却による気温の低下が大きいと考えられる。放射冷却による気温の低下を促進するためには、できるだけ静穏（無風）であることが求められる。A高森



第2図 阿蘇大橋付近の雲の流れ
 (2000年10月11日07:20JST頃、地点P1より撮影)
 Fig.2 Stratus flows near Aso-Bridge.
 07:20JST on 11th Oct., 2000.
 Taking this photo at the point P1(see Fig.5).

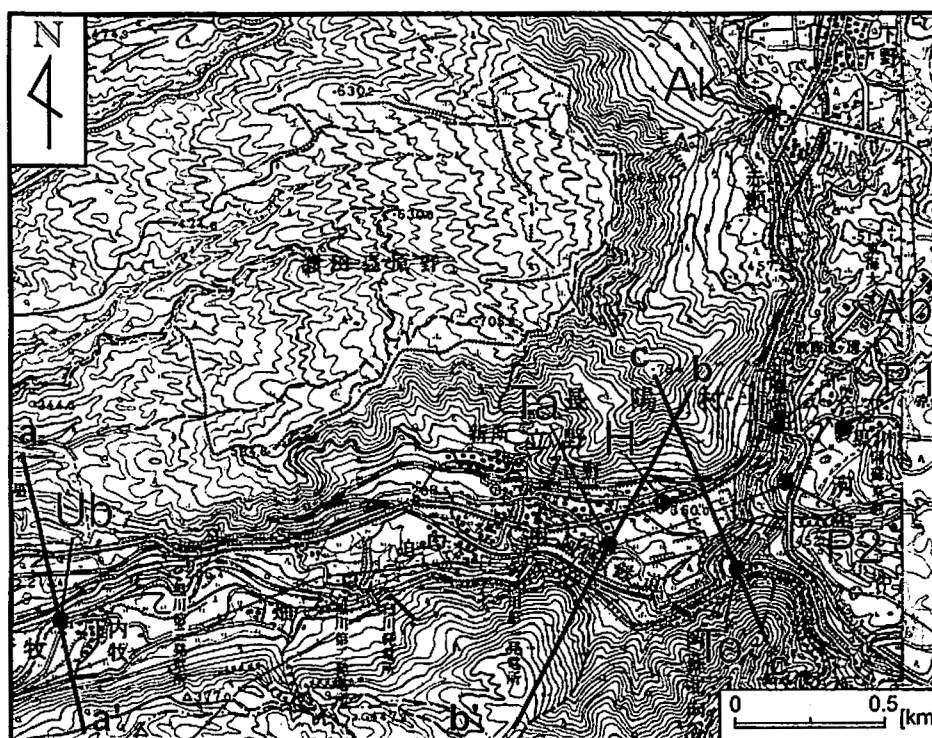


第3図 阿蘇大橋付近の雲の流れ
 (2000年10月11日07:30JST頃、地点P2より撮影)
 Fig.3 Stratus flows near Aso-Bridge.
 07:30JST on 11th Oct., 2000.
 Taking this photo at the point P2(see Fig.5).



第4図 2000年10月10日～11日の地上天気図
(雑誌「気象」より引用)

Fig.4 Weather charts at sea level
from 10th to 11th Oct., 2000 around Japan.
(from "Kisyo")



第5図 第2図、第3図における撮影地点、および周辺の主な地点。

P1及びP2：撮影地点、Ak：赤瀬、Ab：阿蘇大橋、H：阿蘇立野病院、Ta：立野、To：戸下、Ub：内牧橋。

a-a'、b-b'、c-c'は内牧橋、立野および戸下における火口瀬横断面図の位置を示す（第10図参照）。

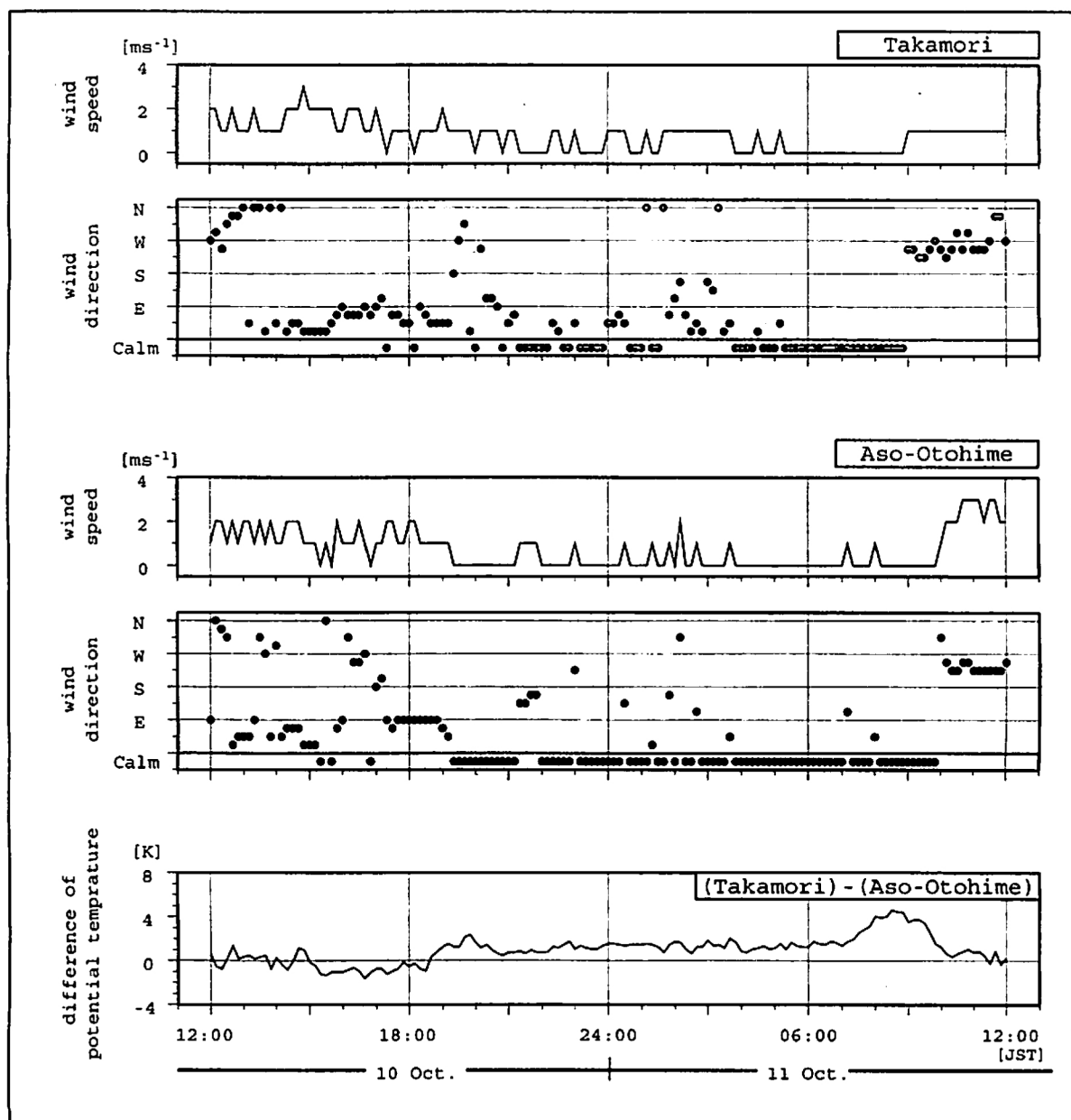
(地形図は国土地理院5万分の1の「菊池」「阿蘇山」を使用)

Fig.5 Location of the shot points and other points.

P1 and P2:Shot points, Ak:Akase, Ab:Aso-bridge, H:Aso-Tateno-Hospital,

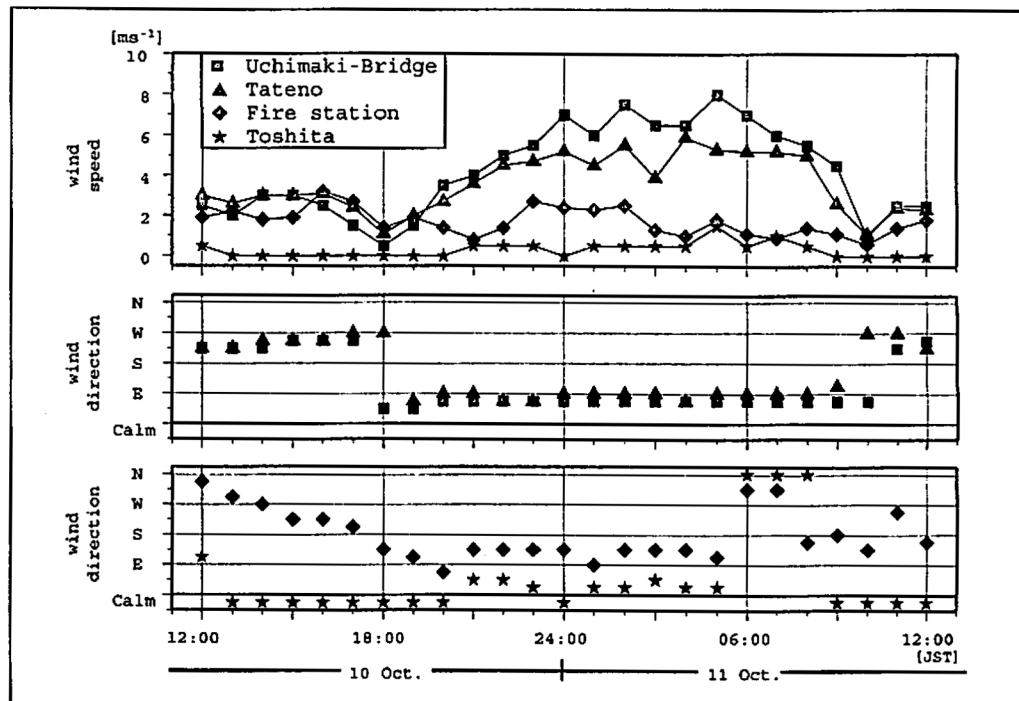
Ta:Tateno, To:Toshita, Ub:Uchimaki-Bridge

a-a'、b-b'、c-c':Positions for transverse profiles of Uchimaki-Bridge, Tateno and Toshita(see Fig.10).

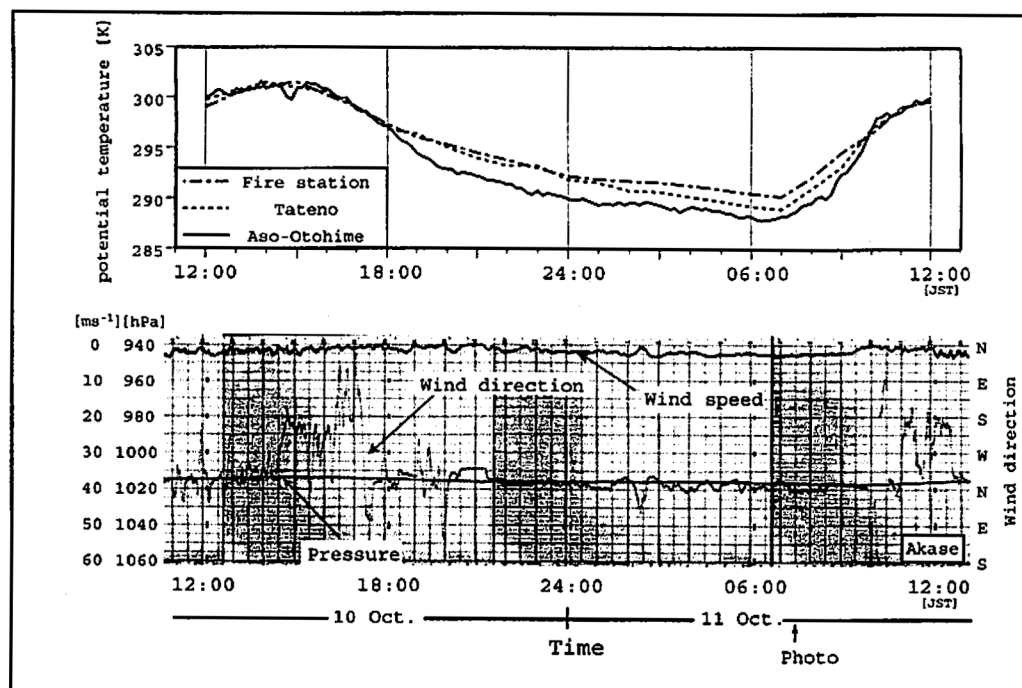


第6図 2000年10月10日～11日の風向・風速（高森・阿蘇乙姫）と
 温位差（高森－阿蘇乙姫）の時間変化

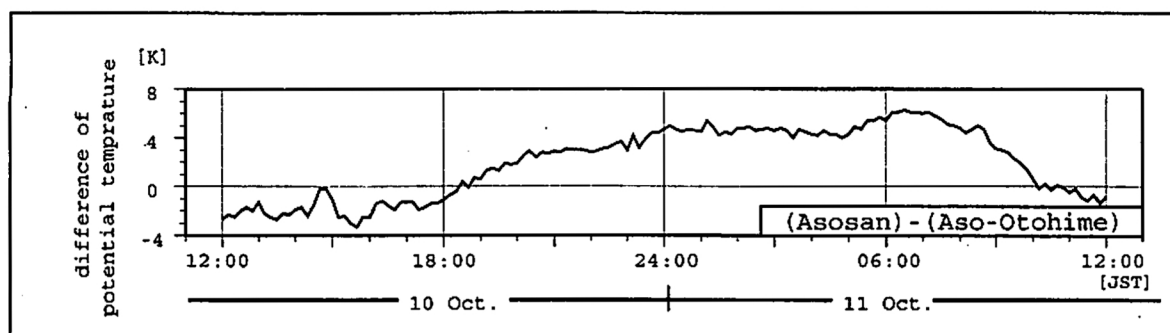
Fig.6 Time series of wind speed and direction at Takamori and Aso-Otohome, as well as difference of potential temperature [(Takamori)-(Aso-Otohome)] from 10th to 11th Oct., 2000.



第7図 2000年10月10日～11日の内牧橋 (■)、立野 (▲)、
消防署 (◆)、および戸下 (★) における風向・風速の時間変化
Fig.7 Time series of wind speed and direction at Uchimaki-bridge (■), Tateno (▲),
Fire station (◆) and Toshita (★) from 10th to 11th Oct., 2000.

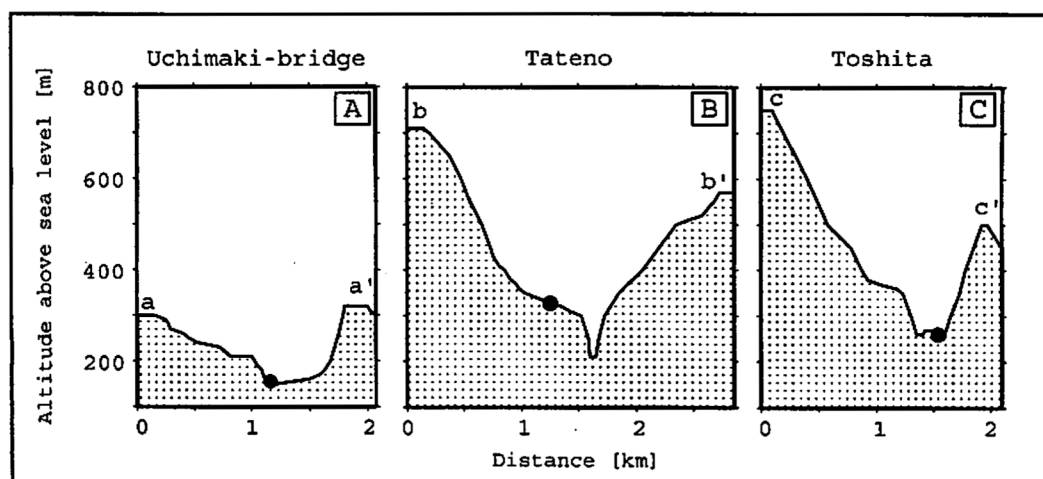


第8図 2000年10月10日～11日の赤瀬における気圧、風向風速 (自記紙) と
消防署、立野、阿蘇乙姫における温位の時間推移
Fig.8 Autographic records of pressure, wind speed and direction at Akase site, as well as potential temperature
at Fire station, Tateno and Aso-Otohome from 10th to 11th Oct., 2000.



第9図 2000年10月10日～11日の温位差（阿蘇山—阿蘇乙姫）の時間変化。

Fig.9 Time series of difference of potential temperature [(Asosan)-(Aso-Otohim)] from 10th to 11th Oct., 2000.

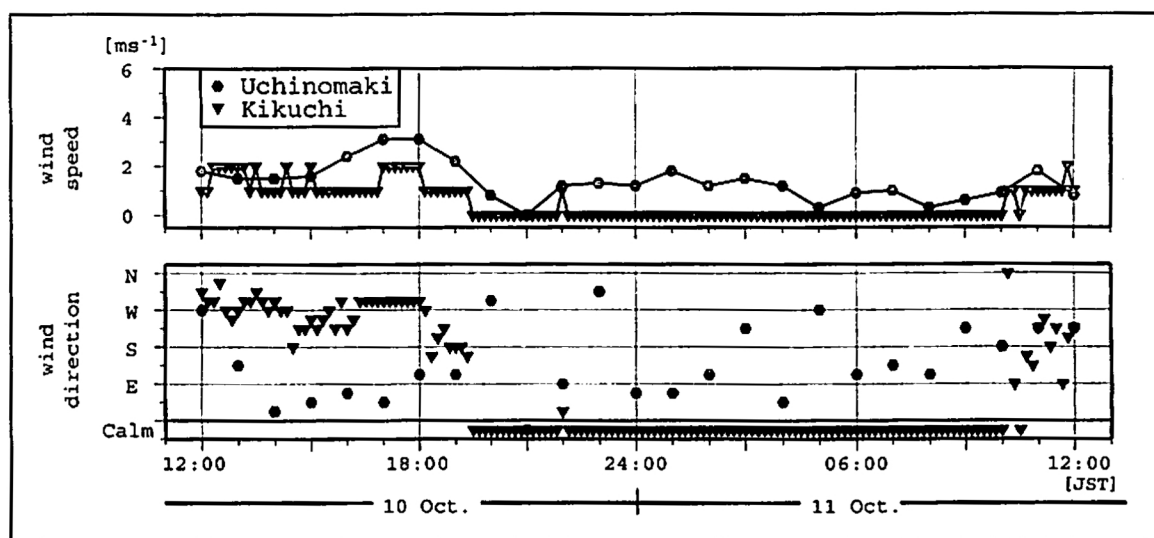


第10図 各地点の火口瀬横断面図（第5図参照）

A:内牧橋、B:立野、C:戸下、●:気象観測点

Fig.10 The transverse profiles (see Fig.5).

A:Uchimaki-bridge B:Tateno C:Toshita ●:observation stations



第11図 2000年10月10日～11日の内牧 (●)、および菊池 (▼)、
における風向・風速の時間変化

Fig.11 Time series of wind speed and direction at Uchinomaki (●) and Kikuchi (▼)
from 10th to 11th Oct., 2000.

とA乙姫の風向・風速の推移を見ると（第6図）、夜間を通じてA乙姫ではほぼ無風の状態であった。一方、A高森での無風状態の出現はA乙姫に比べて少ない。南郷谷、および阿蘇谷における温位差、風速の差は桑名（1996）にもあるように、各谷の横断面形状の差異に起因するものであろう。この温位差によって阿蘇谷の大気を飽和状態にし、第2図や第3図のような雲をもたらしたのと考えられる。

さて、佐川（2000）や黒瀬（2002）にも述べられているように、静穏静夜における火口瀬内の風速は阿蘇カルデラ火口原（以下、火口原と表記）の鉛直的な気温差に比例して増大する。そこで放射冷却の大きかった阿蘇谷（A乙姫）とA阿蘇山の温位を利用し、A阿蘇山の温位からA乙姫の温位を減じた値を阿蘇谷内の気温逆転度（以下「 $\Delta Ta-o$ 」と表記）とし、論を進めたい。雲の発生当日、および前日における気象要素について、「阿蘇おろし」吹走経路上に位置すると考えられる戸下、立野、内牧橋、消防署の各地点の風向・風速（第7図）と、赤瀬の気圧と風向・風速（第8図）を示した。ただし、赤瀬の風向・風速の値は瞬間値を記録しているので他の地点とは単純に比較できない。

各地点の風速は風速の小さい順で列記すると戸下、消防署、立野、内牧橋となる。第9図によると $\Delta Ta-o$ は10日19時頃から増大（逆転）し、翌日10時頃まで継続して温位逆転を示している。この $\Delta Ta-o$ （逆転度）の増大に呼応して、立野や内牧橋の風速が増大している。このように風速が大きく、逆転度の大きい現象がいわゆる「阿蘇おろし」である。風向の変化について着目しても立野、および内牧橋ともに、「阿蘇おろし」吹走前に南西～南であったものが、東～北東の風向へと明瞭に変化している。

消防署では緩やかな風向の変化こそ認められるものの、風速に関する明瞭な増大は確認できない。つまり、少なくともこの日の事例においては消防署にまで「阿蘇おろし」の影響が到達しなかったと推測できる。

戸下においては $\Delta Ta-o$ の増大にともない僅かながらも、風速の増大が認められる。風向についても、「阿蘇おろし」の吹走期間中に北～北東の風を示している。これは赤瀬方向からの風向であり、「阿蘇おろし」の影響を裏付けている。風速値が立野や内牧橋と比較して著しく小さい原因は、火口瀬の地形横断面図から説明できる。戸下は白川と黒川の合流地点付近に位置し、谷底の幅が比較的広い。また、戸下の気象観測機器は谷底に設置されている（第10-C図）。戸下より下流の立野は、火口瀬の谷幅のもっとも狭い地点である。戸下と異なり立野の気象観測機器は河岸段丘上に位置している（第10-B図）。さらに下流の内牧橋は戸下と同様に火口瀬の谷底に位置している。ただし、谷底の幅は戸下や立野よりも広くて、浅い（第10-A図）。かつ内牧橋付近から熊本

平野に向かい、谷（火口瀬）幅は拡大している。各地点の位置関係、および谷形状を総合すると戸下の弱風は次のように考えられる。阿蘇谷で冷却され赤瀬方向より流下してきた大気は、本来であればその地形面に沿って戸下に達すると思われる。しかし、その先の立野付近において火口瀬の谷幅は狭小であり、大気は容易に流下しにくい。そのため大気は戸下の上層を通り立野の段丘上を通過していく。内牧橋付近より先（熊本平野方向）には、さして障害となる地形起伏は見られず、ゆえに大気は地形面に沿って内牧橋付近の谷底に降下してくる。よって、大気の通過する立野、および内牧橋では比較的強風となるものの、戸下では強い風速は出現しにくい。このことは第2図、および第3図において、雲の流れが火口瀬の比較的上層を流下していった事実と整合的である。

赤瀬における日記紙（第8図）を見ると、「阿蘇おろし」吹走期間中とその前後では明らかに風向・風速の出現傾向が異なり、特に風向の推移に特徴が見られる。赤瀬の風向に注目すると「阿蘇おろし」吹走期間の前後は大きく風向が不規則に変化している。「阿蘇おろし」吹走期間中は02時から03時の一時的な北東の風を除き、ほぼ北の風で推移している。既述の位置関係から赤瀬付近における北寄りの風とは、阿蘇谷から火口瀬に向かって流下する風を示す。赤瀬は阿蘇谷の出口に位置していることから、カルデラ全体の火口瀬に位置しているとは言えない。それゆえ、これらの事実から赤瀬は阿蘇谷内に蓄積された冷気が徐々に排出される地点に相当すると考えられる。よって赤瀬では「阿蘇おろし」吹走期間中において、風速値は立野や内牧橋と比較して小さいものの、ほぼ一定の風速で吹走し続け、風向も北を示し一定になる。「阿蘇おろし」の吹走期間中とその前後の違いに着目すると、「阿蘇おろし」吹走期間中には比較的長期的な変動（強弱）を示すものの、その前後の風速の推移は短い期間で変動している。この赤瀬付近の風はその風速値から考えて「強風」とは表記できないが、「阿蘇おろし」吹走の影響が着実に見られる。

A乙姫と同じ阿蘇谷に位置する内牧では「阿蘇おろし」吹走期間中に風速が増大するよりも、むしろ逆に低下させている。それに歩調を合わせて風向も不定となる（第11図）。このことはA乙姫の無風の増加と併せて考えると、「阿蘇おろし」吹走期間中は冷気の蓄積期間に相当しているために、火口原（阿蘇谷）内において大気の安定度が進行し、内牧付近の大気が停滞気味になるための結果と思われる。なお、A菊池においては「阿蘇おろし」吹走期間中、ほぼ無風であった（第11図）。

IV. 考察

立野と消防署の温位（第8図）については夜半24時までには大きな差が見られないものの、夜後半の01時すぎからは両地点の温位差が増大したまま推移している。一方、A乙姫と消防署の温位を比較すると20時から09時までその差はほぼ一定である。つまり立野の温位の推移はA乙姫や消防署のそれと異なっている。この理由について仮説を立て、考察を加えたい。

立野の温位の推移とはほぼ対応するのが内牧橋、および立野の風速の推移、それに ΔT_{a-o} である。内牧橋、および立野の風速や ΔT_{a-o} は00時頃までは増大していて、それ以降は安定し、大きな変動が認められず、06時頃以降には日の出の影響を受けている。赤瀬の風向は詳細に観察すると、10日21:30頃から11日00:30頃まで北北西の風でほぼ一定している。さらに01:30頃までは北寄りの風へと変化し、その後は02:30頃の一時的な北東の風向も含み、北北西～北の間に若干変化する不安定な風向を示し、このような状態が09:00頃まで継続する。同地点の風速の推移は01:30頃まで、最大で風速 2.0ms^{-1} であったものの、それ以降は $2.5\sim 3.0\text{ms}^{-1}$ の風速が継続する。ただし、先に述べた一時的な北東の風とはほぼ同時に、無風近くまで風速は弱化している。

ここで、内牧橋、および戸下では気温（温位）観測値（特に戸下の気温鉛直分布）が実施されていないという条件があるものの、一つの仮説を考えてみたい。毎時の値を用いた風速の時間変化を見ると、内牧橋、および立野において11日00時まで風速は増大している。かつ、連続記録である赤瀬の風向を見ると00:30頃まで風向は北北西であって一定している。ゆえに、00:30頃まで立野、内牧橋、および赤瀬では大気の流れに関して、何らかの連動している現象が現れていたと示唆される。 ΔT_{a-o} も同様である。この00:30頃までの間、谷底で周囲が窪地状である戸下では、赤瀬方向から流下してくる冷却された大気が徐々に蓄積されていったのではないかと想定される。つまり阿蘇カルデラに形成される冷気湖とは別の小規模ではあるものの、いわゆる冷気湖を形成し、その冷気層の厚さを増していったと考えられる。冷気の層厚が増すと同時に、戸下付近の窪地からの大気の流出の増加が想定される。このために、立野、および内牧橋では冷気の層厚の増加に伴い、風速が増している。赤瀬が

らの大気が戸下の窪地に流下している間（00：30頃まで）、赤瀬において風速 2 ms^{-1} の風が継続している。戸下（標高：270m）の窪地はきわめて小さい面積（体積）であるがゆえに、冷気層の上面の高度は比較的短時間のうちに上昇し、立野の位置する段丘面の標高（327m）とほぼ同じ程度になりえるだろう。これと同時に、赤瀬方向からの冷却された大気の流れは戸下に蓄積した冷気層の上面を通過し、立野の段丘面へと直接流れ込むように変化する。赤瀬からの気流は戸下の窪地にて滞留することが無くなるので、立野における大気の流れの変化（増加）も解消されるであろう。以上の点が01時以降において、立野、および内牧橋の風速があまり増大しない理由と考えられる。また、戸下の窪地に大気が滞留することなく、立野方向へ直接大気が流下し、窪地通過に要していた摩擦が無くなり、赤瀬の風速が01：30頃以降に増加したものと考えられる。

V. おわりに

本稿では既存の常設気象観測地点の観測値を用い、立野火口瀬付近に吹走する風について「阿蘇おろし」と見受けられる現象の事例に関して解析することを目的とした。その結果、以下に示す諸点を把握することができた。

- ① 雲の流れを捉えた写真を見る限り、「阿蘇おろし」吹走時には南郷谷からの大気の流れよりも、阿蘇谷からの大気の流れの方が優勢である。
- ② 阿蘇谷と南郷谷の温位を比較すると、阿蘇谷の方の温位が低い。これは阿蘇谷における地形、即ち平坦な底面と周辺の傾斜面に絡んで冷気が滞留しやすく、よって無風の出現が多いことから、放射冷却が促進された結果と考えられる。
- ③ 火口瀬の谷底では弱風である地点（戸下）と強風である地点（内牧橋）を確認できた。この違いとして考えられるのは、各地点の下流部谷幅が狭小であるか否か、という違いに起因するものと考えられる。
- ④ 火口瀬と阿蘇谷の境界付近（赤瀬）では、「阿蘇おろし」が吹走している場合に、火口瀬内部（立野、内牧橋）やその下流部（消防署）と比較して非常に風速が弱いものの、風向に関しては、「阿蘇おろし」吹走以前と比較してほぼ一定の風向へと変化し、風速の変動も少なくなる。

以上のように立野火口瀬付近に吹走する風についていくつかの見解を得たが、問題点として観測点の密度の問題を指摘できる。この場合、平面的な密度、鉛直的な密度、それに測定時間間隔の3つの側面からより充実することが求められよう。

平面的には阿蘇谷、南郷谷内において火口瀬に近接する地点での観測が求められる。とりわけ本稿では、赤瀬の気象観測資料が入手できたけれども、位置的にこれに対応する南郷谷の観測地点が要求される。火口瀬を流れる白川、およびその下流の観測点密度もいささか疎であると言わざるを得ない。とくに内牧橋と消防署の間の距離間隔は大きい。このため「阿蘇おろし」や「まつはり風」を「強風」もしくは「局地風」という観点から考える場合、強風域を明確に特定することに限界がある。

鉛直的に考えると、冷気の蓄積とその上限について現状では把握することができない。阿蘇谷と南郷谷の冷却度の差は、桑名（1996）の移動観測によって指摘されているものの、その時間変化と火口瀬の風速の関連については未だ明らかにされていない。今後これを明らかにするためには阿蘇谷、南郷谷それぞれの谷斜面を利用して鉛直方向に数箇所の観測地点を設け、長期間にわたる気温の連続観測が必要となる。

観測時間間隔という面からはAMeDASと赤瀬以外の観測点はすべて毎時の値である。風向・風速に関しては一般的に10分間の平均値を用いるので、10分間よりも測定間隔を短縮しても大きな意味はない。ただし、気流の移動の様子などを捉えるためにはできるだけ測定間隔の短い観測が求められる。よって他の観測要素（特に気温）についても10分間隔での観測がおこなわれれば「阿蘇おろし」、「まつはり風」の解析において大幅な前進が可能と推測できる。

謝辞

国土交通省立野ダム工事事務所の倉橋課長、遠山課長、中山係長、宮本係長、および松本技官、九州電力株式会社熊本電力所の壽福課長、阿蘇町役場の佐伯係長、島川主事（所属等はいずれも当時）、菊池消防組合菊池南消防署には気象観測資料の提供をいただきました。名古屋大学教授甲斐憲次先生には研究に対し貴重な助言を受

け、資料収集に便宜を図っていただきました。ここに厚く御礼申し上げます。この小論を作成するにあたり、終始御指導いただいた法政大学教授佐藤典人先生に深く感謝します。本稿は骨子を2000年度日本地理学会秋季学術大会、2001年度東北地理学会秋季学術大会にて口頭発表した。

注

- 1) 「まつぼり」というのは「他人のものを横取りする」等の意味があり、語感としては良くない（地元の学校の教頭先生の談）。
- 2) 現地住民はこのような原因による呼称の区別をしていない。あえて言及するとしたら谷治（1996）にあるように、朝に吹走する風であるから「阿蘇の朝おろし」という語句は存在する。

参考文献

- 綾 一 1995. まつぼり風について。情報開発研究室報/九州東海大学 10:65-80.
- 小野寺 三 郎 1975. 「まつぼり風」について。天気 22:139-143.
- 隈 武 修 一 1984. 立野火口瀬付近を中心とする「まつぼり風」の地理学的研究。昭和58年度熊本大学教育学部社会科卒業論文（未公表）。
- 黒 瀬 義 孝・大 場 和 光・丸 山 篤 志・真 木 太 一 2002. 局地風「阿蘇おろし」の特徴。農業気象 58:93-101.
- 桑 名 智 寛 1999. 阿蘇山カルデラ内の阿蘇谷と南郷谷における気温変動について。平成7年度横浜国立大学教育学部中学校教員養成課程地理学専攻卒業論文（未公表）。
- 佐 川 正 人 2000. 阿蘇地方に吹走する強風。日本地理学会発表要旨集 58:164-165.
- 佐 藤 貴 芳 1990. 熊本市および周辺地域における偏形樹。熊本地理 1:17-25.
- 高 嶋 鉄 也 1988. 熊本県の強風特性と注意報の細分発表について。福岡管区気象研究会誌 49:56-57.
- 長 陽 村 2000. 村史編さん室から（其ノ七十二）。長陽村広報誌「さんさん」326:15.
- 早 水 逸 雲・山 鹿 延 1950. 「マツボリ風」（阿蘇の急風）（第一報）。西部管区気象観測研究会誌 7:52-58.
- 東 谷 幸 男 1975. 熊本県白川流域における東よりの強風について。福岡管区気象研究会誌 36:81-83.
- 三 浦 亜 記 1996. 阿蘇の朝おろしと真知堀風の観測研究。平成7年度横浜国立大学大学院教育学研究科社会科教育専攻地域研究専修修士論文（未公表）。
- 森 洋 1990. まつぼり風の実体と発生機構。1989年度東京都立大学卒業論文（未公表）。
- 谷 治 正 孝 1996. 瀬田におけるまつぼり風と阿蘇の朝おろし。日本地理学会予稿集 50:176-177.
- 吉 野 正 敏ほか編 1985. 『気候学・気象学事典』二宮書店。
- Yoshino, M.M 1975. Climate in a small area. University of Tokyo Press.