局地風「阿蘇おろし」の特徴

黒瀬義孝*・大場和彦*・丸山篤志*・真木太一**

(*九州沖縄農業研究センター環境資源研究部)
(**九州大学大学院農学研究院)

Characteristics of Local Wind “Aso Oroshi”

Yoshitaka KUROSE*, Kazuhiko OHBA*, Atsushi MARUYAMA* and Taichi MAKI**

(* Department of Agro-Environmental Research, National Agricultural Research Center for
Kyushu and Okinawa Region, Kumamoto, 861-1192 Japan
** Faculty of Agriculture, Kyushu University, Fukuoka, 812-8581 Japan)

Abstract

The cold air formed in the Aso Basin flows out from the valley of the Aso somma under conditions of nocturnal radiative cooling. It is thought that this local wind influences agricultural production in this region. So, meteorological observations and mobile observations were carried out at Aso region, and then the characteristics of this local wind were clarified as follows. The local wind was named “Aso Oroshi”.

1) The wind speed of the “Aso Oroshi” was closely related to the temperature inversion in the Aso Basin. The wind speed of the “Aso Oroshi” was strong when temperature inversion developed.

2) The maximum wind speed of the “Aso Oroshi” was 6 m/s and the maximum instantaneous wind speed was 9 m/s. It is therefore thought that no wind damage occur due to “Aso Oroshi” because no damage occur by wind with a speed less than 10 m/s.

3) Air temperature along the valley of Aso somma changed more than the dry adiabatic lapse rate as the “Aso Oroshi” wind speed exceed 3.8 m/s. This result strongly suggests “Aso Oroshi” received heat from air above with higher potential temperature.

4) The air temperature decreased by “Aso Oroshi” at the higher altitudes above 230 m. On the other hand, the decrease in air temperature was small due to “Aso Oroshi” at the lower altitudes below 230 m. It is thought that the “Aso Oroshi” becomes a meteorological resource which prevents frost damage in the lower altitude below 230 m.

5) The potential temperature was constant from lon. 130° 54' E towards windward, but decreased towards leeward from lon. 130° 54' E. Lon. 130° 54' E point is located at the exit of the Aso somma valley.

Key words: Cold air drainage, Local wind.

キーワード: 局地風, 冷気流

1. はじめに

地形条件の複雑な地域において良質な農作物を安定して生産するためには、地域固有の気象条件を把握し、気象条件にあった作物を栽培する必要がある。特に、静穏・放射冷却条件下においては、冷気流の発生に伴い斜

面温暖帯や冷気湖が形成され、僅かな地形条件の差異によっても大きな温度差が形成される（例えば、Kurose and Maki, 1988; Kurose *et al.*, 1994）。冷気流は凍霜害など農業生産とも深く関係するため、従来から多くの研究がなされてきた（Toritani *et al.*, 2000）。しかし、研究の多くは斜面を流下する冷気流についてであり、盆地に停滞・堆積した冷気が盆地から流出する時の冷気流に関する研究は少ない。そこで今回、阿蘇盆地に溜まっ

1999年7月30日、全国大会にて発表

2001年6月7日 受付, 2002年1月29日 受理

た冷気が外輪山の切れ目を流下することにより吹く「まつぼり風」について気象観測を行った。

まつぼり風は多くの気象学関係の教科書で取り上げられており、日本の代表的な局地風である。しかし、まつぼり風の観測は1949年に行われた1例のみで(Hayamizu and Yamashika, 1950)、実態は明らかにされていない。まつぼり風と同様の現象に「肱川あらし」がある。肱川あらしについてはNishimoto (1978)やNakata (1982)によって肱川あらしの吹走事例が報告されているが、盆地からの冷気の流出を長期・連続して観測した事例はなく、長期・連続測定されたデータから実態を明らかにするアプローチも重要と考えられる。

斜面を流下する冷気流に関しては、吹走地帯が斜面であるため、その農業利用は斜面温暖帯を樹園地などとして利用するにとどまっている。一方、まつぼり風の吹走地帯は外輪山の切れ目一帯であり、そこでは麦類や野菜などが栽培されている。そのため、まつぼり風が風害をもたらすほど強風になるのか、農作物には冷気流として作用して凍霜害を助長するのか等、基本的特性を明らかにすることはこの地域の農業にとって非常に重要である。

さらに、まつぼり風に関しては定義そのものに疑問が投げかけられている(Onodera, 1975)。著者が行った聞き取り調査でも、現地と言われるまつぼり風は冷気流とは無縁の気象条件下で発生していた。すなわち、現地と言われるまつぼり風は気象の教科書や辞典で定義されているまつぼり風(例えば、Yoshino, 1975; Hayashi, 1985)とは異なる現象と考えられる(Kurose, 2000)。そこで、Onodera (1975)を参考に、この報告では阿蘇盆地に溜まった冷気が外輪山の切れ目を流下することにより吹く風を「阿蘇おろし」と定義する。ただし、一般に「おろし」の名称は力学的に起こる下降流を示す。また、「阿蘇」はかなり広い領域を指すため、阿蘇外輪山の切れ目に吹く局地風の名称として「阿蘇」を用いることが適当かは疑問である。すなわち、提案した局地風の名称は確定された名称ではないことをここに記す。

上記のように、阿蘇おろしは実態が明らかでないばかりか、阿蘇おろし吹走地帯の農業にとっても重要な局地風である。そこで、阿蘇おろしに関する気象観測を行い、いくつかの知見を得たので報告する。

2. 方 法

2.1 定点観測

阿蘇おろしが吹く地帯の地形および測器の設置場所をFig. 1 (A)に示す。阿蘇山をはさんで北と南に盆地があり、これらの盆地は標高900 m前後の外輪山に囲まれ

ている。阿蘇山の西に外輪山の切れ目があり、この切れ目一帯が阿蘇おろしの吹走地帯である。阿蘇おろしの実態を明らかにするために図中の●で示す地点で気象観測を行った。観測は1998年4月15日から2000年3月26日までの約2年間行った。長陽村立野(Site A)と大津町内牧(Site B)には風向風速計(KADEC-KAZE, コーナシステム)を地上3.0 mの位置に設置し、10分ごとの平均風速、最大瞬間風速および最多風向を測定した。風向風速のサンプリングは5秒間隔とした。風向風速の観測は1998年4月15日から1999年4月8日までは立野で行い、4月8日に風向風速計を内牧に移して観測を行った。また、図中の●で示す全地点で気温を測定した。気温の測定は温度計(KADEC-U, コーナシステム)を自然通風式シェルター(KDC-A1-6, コーナシステム)内に設置し、地上1.6 mの位置で行った。サンプリングは10分間隔で、瞬時値を測定した。また、バックグラウンドの風速として阿蘇山測候所(Site F)、阿蘇乙姫(Site G, AMeDAS)、旭志(Site E, KADEC-KAZE)のデータを用いた。阿蘇山測候所は阿蘇高岳の西側山腹、阿蘇乙姫は阿蘇盆地底、旭志は熊本平野に接する外輪山の山麓にそれぞれ位置する。測候所およびアメダスのデータはアメダス10分値データ(CD-ROM)または気象庁月報(CD-ROM)の10分値データを用いた。旭志での観測は立野(または内牧)と同じ測器を用い、設置条件やサンプリング間隔は同じ設定で行った。各地点の標高は立野347 m (Site A)、内牧170 m (Site B)、外輪山920 m (Site C)、盆地底485 m (Site D)、旭志120 m (Site E)、阿蘇山測候所1,143 m (Site F)、阿蘇乙姫497 m (Site G)である。解析には10月から3月までの寒候期のデータを使用した。

2.2 移動観測

阿蘇おろし吹走時の気温分布を明らかにするため、3つのルートで移動観測を行った。Fig. 1 (A), (B)に移動観測のルートを鎖線で示す。ルートa (Fig. 1 (A)参照)は外輪山を出発し、阿蘇盆地を経由し、阿蘇おろしが吹走する地帯を通るルート、ルートb (Fig. 1 (A)参照)は外輪山が熊本平野に接するルートで、阿蘇おろしとは無縁のルートである。移動観測はルートaの観測後にルートbの観測を行った。なお、a1, a2, b1, b2地点はルートaおよびbの出発地点と到着地点である。また、ルートc (Fig. 1 (B)参照)は外輪山の切れ目一帯で詳細な気温分布を明らかにするためのルートである。

移動観測は、自動車にシェルター(地上1.9 m)を取り付け、この中に温度計(SK-L200TH, 佐藤計器製作所)を入れ、時速40~60 kmで移動しながら5秒ごとに気温を測定した。センサーは直径1 mmのサーミスタ

Fig. 1. Map of the observation field. Solid circles represent locations of the measurement sites and solid squares represent locations of the AMeDAS and weather station. Dashed lines represent route of mobile observation. The enclosed area with solid line in Fig. 1(A) represents the area of Fig. 1 (B).

である。また、気温の測定と同期して GPS (ジュピター, SPA) で緯度、経度を測定した。GPS の測定では日本測地系を用いた。移動観測終了後、GPS の測定値を数値地図 50m メッシュ (標高) と重ね合わせ、5 秒ごとの気温測定地点の標高を求めた。移動観測は放射冷却の強まった早朝に、それぞれのルートで十数回行い、移動観測中にバックグラウンドの気温の変化が 1°C 以下の事例について解析を行った。結局、ルート a, b の移動観測では 1998 年 11 月 11 日と 11 月 20 日の早朝に行った事例を解析に使用した。また、ルート c の移動観測で

は 1999 年 2 月 6 日と 2 月 14 日の早朝に行った事例を解析に使用した。2 月 14 日に関してはルート a の移動観測も行った。1998 年 11 月 11 日は九州農業試験場 (現: 九州沖縄農業研究センター) で、11 月 20 日は熊本地方気象台でそれぞれ初霜を観測した。1999 年 2 月 6 日と 2 月 14 日はともに放射冷却が強い静穏な夜間で、特に 2 月 14 日はこの冬一番の冷え込みを記録した。

2.3 高層気象データおよび気圧データ

移動観測時の気温の鉛直プロファイルを明らかにするため、福岡で測定された高層気象データを使用した。ま

た、阿蘇おろしの解析には地衡風の影響を除去するために気圧傾度力の小さい時のデータを抽出し、使用した。そこで、福岡管区気象台、鹿児島地方気象台、佐賀地方気象台、大分地方気象台で測定された気圧をもとにデータの抽出を行った。福岡管区気象台と鹿児島地方気象台はほぼ同じ経度上に位置するため、2地点の気圧差から南北方向の気圧傾度を求めた。同様に、ほぼ同じ緯度上に位置する佐賀地方気象台と大分地方気象台の気圧差から東西方向の気圧傾度を求めた。なお、福岡管区気象台と鹿児島地方気象台の水平距離は225 km、佐賀地方気象台と大分地方気象台の水平距離は122 kmである。高層気象データおよび気圧のデータは気象庁月報(CD-ROM)から読みとった。

3. 結果および考察

3.1 阿蘇おろしの吹走事例

1998年11月10日から11日の気象の変化をFig. 2に示す。(A)は立野(Site A)および阿蘇山(Site F)の風向、(B)は立野、阿蘇山、阿蘇乙姫(Site G)および旭志(Site E)の10分間平均風速、(C)は外輪山(Site C)と盆地底(Site D)の温位の変化である。外輪山(Site C)は斜面温暖帯よりかなり高い位置にあるため(Fig. 4参照)、温位で比較した。福岡の高層気象データをもとに気温減率を求め(Fig. 4(A)参照)、この気温減率($0.0047^{\circ}\text{C}/\text{m}$)をもとに温位を求めた。なお、11月11日早朝にはルートaとbで移動観測を行っている。図中の網掛けした範囲は移動観測を行った時間帯を示している。10日から11日にかけての夜間は大陸の高気圧に覆われ晴天で、放射冷却が強まった。10日18時40分に盆地底の温位が外輪山よりも低くなり、この時点から阿蘇盆地に逆転層が形成・発達している。夜間、外輪山の温位は281 K前後ではほぼ一定であったが、盆地底の温位は低下し続け、日の出前には盆地底の温位は外輪山よりも約7 K低かった。なお、気温で比較しても、10日20時50分から11日9時10分は外輪山の気温が盆地底よりも高かった。阿蘇盆地での温位の逆転と連動して、立野の風向が東よりに変わり、10分間平均風速で4 m/s前後、図には示していないが10分間の最大瞬間風速で6 m/s前後の東北東の風が吹いている。近傍の阿蘇乙姫や旭志村では1 m/s以下の微風であり、阿蘇山でも一晩中2 m/s以下の風速であったことから、立野で観測された風が局地的な風であることがわかる。これが阿蘇おろしである。11日8時以降、阿蘇盆地において温位の逆転が解消し始めると阿蘇おろしも弱まり、10時10分には西南西の風となった。

1999年2月5日から6日の気象の変化をFig. 3に

Fig. 2. Nocturnal variations of (A) wind direction, (B) 10-minute mean wind speed and (C) potential temperature on November 10-11, 1998. The hatched area represents period of mobile observation.

示す。図中の記号はFig. 2と同様である。Fig. 3(C)の温位は、福岡の高層気象データから求めた気温減率($0.0089^{\circ}\text{C}/\text{m}$)をもとに計算した。なお、2月6日早朝にはルートcで移動観測を行っており、図中の網掛けした範囲が移動観測を行った時間帯を示している。5日から6日にかけての夜間は大陸の高気圧に覆われ晴天で、放射冷却が強まった。5日22時50分に盆地底の温位が外輪山よりも低くなり、これ以降、立野の風向が東よりになり、阿蘇おろしが吹走していることが伺える。なお、気温で比較しても、6日3時10分から8時40分は外輪山の気温が盆地底よりも高かった。立野の風速は阿蘇盆地における温位の逆転に比例して強くなり、7時30分に最大風速5.3 m/sを記録した。Fig. 2で示した1998年11月10日から11日の事例と異なり、阿蘇山では夜間に5~7 m/sの北風が吹いており、上空では風が強いことが伺える。この事例では、立野の風速は阿蘇盆地における温位の逆転には左右されたが、上空の風には直接左右されなかったことが見てとれる。

3.2 阿蘇おろし吹走時の気温プロファイル

斜面に沿った気温のプロファイルをFig. 4に示す。(A)は11月11日、(B)は11月20日、(C)は2月14日に行った移動観測から得られた気温プロファイルであ

り, ○はルート a, ●はルート b の気温プロファイルである。ただし, 2 月 14 日に関してはルート a の観測のみである。また, 図中の実線は 9 時の高層気象データから求めた気温の鉛直プロファイルである。Fig. 2 および 3 より, 移動観測を行った時間帯の特徴として, ①最低気

温が形成され, かつ, 阿蘇おろしが最も発達している, ②気温や風向風速の時間変化が小さいことが掲げられる。①の特徴から, 阿蘇おろしの特徴を調査するには最も適した時間帯であると考えた。また, ②の特徴から, 移動観測中におけるバックグラウンドの気象変化が無視でき, 移動観測を行うには最も適した気象条件と考えた。なお, 11 月 20 日, 2 月 14 日についても同様の特徴が得られ, 阿蘇おろしの観測を行うには適した気象条件であった。3 回の移動観測から得られた気温プロファイルはほぼ同じ形を示したことから, Fig. 4 に示された気温プロファイルは阿蘇おろし吹走時の代表的な気温プロファイルと考えられる。また Fig. 4 から, 阿蘇盆地においては標高 700 m 付近に斜面温暖帯が形成され, 盆地底 (標高 480 m 前後) は冷気湖内に入り顕著な低温となっていることがわかる。阿蘇おろしの駆動力が阿蘇盆地に溜まった冷気であるならば, その冷気は盆地底から比高 200 m の範囲に溜まっていることが明らかになった。

外輪山の切れ目では標高が低くなるに従って気温が上昇した。Fig. 4 に見られるように, 気温は自由大気の気温減率 (図中の実線) 以上の割合で変化していた。盆地の出口 (標高 400 m) から外輪山の切れ目出口 (標高 114 m) の区間について気温減率を計算した結果, 11 月 11 日は $0.016^{\circ}\text{C}/\text{m}$, 11 月 20 日は $0.014^{\circ}\text{C}/\text{m}$, 2 月 14 日は $0.013^{\circ}\text{C}/\text{m}$ であった。阿蘇おろしの吹走地帯では気温は乾燥断熱減率 ($0.0098^{\circ}\text{C}/\text{m}$) 以上の割合で変化していた。

阿蘇おろしが吹走する地帯と阿蘇おろしとは無縁の地帯 (ルート b) の気温プロファイルとを比較すると, 標

Fig. 3. Nocturnal variations of (A) wind direction, (B) 10-minute mean wind speed and (C) potential temperature on February 5-6, 1999. The hatched area represents period of mobile observation.

Fig. 4. Profiles of air temperature along routes a and b in Fig. 1 (A). a1, a2, b1 and b2 in Fig. 4 (A) represent points a1, a2, b1 and b2 in Fig. 1 (A).

高 230 m 以上の地帯では阿蘇おろしが吹く地帯で気温が低くなっているが、標高 230 m 以下では阿蘇おろしが吹く地帯の気温が高くなっている。もし外輪山の切れ目において阿蘇おろしが吹かなければ、外輪山の切れ目においても冷氣湖が形成され、外輪山の切れ目における気温プロファイルもルート b と同様の気温プロファイルを示すと考えられる。すなわち、標高 230 m 以上の地帯では阿蘇おろしが気温を低下させる方向で作用しているが、標高 230 m 以下の地帯では阿蘇おろしが吹くことにより気温の低下が緩和されている。阿蘇おろしは阿蘇盆地で冷却を受けた気流であり、その温度は自由大気より低温である。例えば 11 月 11 日を例にとると、阿蘇外輪山に形成された斜面温暖帯と比べて盆地出口（標高 400 m）の温位は約 5 K 低くなっている。冷却を受けた気流である阿蘇おろしが標高 230 m 以下の地帯で気温の低下を緩和するのは、冷氣湖の形成（阿蘇おろしが吹かなければ形成されると考えられる）に伴う温度低下より、阿蘇おろしが吹くことに伴う温度低下の方が小さいためと考えられる。外輪山の切れ目の標高 200 m 以下の地帯では麦類が栽培されており、阿蘇おろしは凍霜害の回避につながる気象資源になると考えられる。Maki and Kurose (1988) はアラセと呼ばれる局地風（斜面下降風）が夜間に高温で湿度の低い地帯を形成し、この地帯で栽培されるホウレンソウの品質が良いことを示している。阿蘇おろしの吹走地帯においても、このような積極的な農業利用が望まれる。

3.3 阿蘇おろしにより一定の温位に保たれている地帯

3.2 より、阿蘇おろしが吹くことにより標高 230 m 以下の地帯では気温の低下が緩和されていることが示された。本節では、阿蘇おろしにより温位が一定に保たれている地帯を明らかにする。

阿蘇おろしの風向は東であるため、ルート c で行った移動観測のデータを経度と温位との関係にまとめた。結果を Fig. 5 に示す。Fig. 4 (C) より、2 月 14 日の観測に関しては阿蘇おろし吹走時の代表的な気温プロファイルが形成されている。なお、ルート c の標高は 170 m から 80 m である。Fig. 5 に示すように、観測ルート上の温位は東経 130° 54' より東（風上）ではほぼ一定あるいは東ほど温位が低かったが、東経 130° 54' より西（風下）では急激に温位が低下し、観測範囲の最も西側では東経 130° 54' 付近と比べて 2 K から 3 K 温位が低下している。東経 130° 54' 地点は外輪山切れ目の出口にあたり、これより西では谷が開けている。この地形条件の変化に伴い東経 130° 54' より西で阿蘇おろしが弱まり、温位が低下したと考えられる。次に、ルート a で行った移動観測

Fig. 5. Horizontal variations of potential temperature along route c in Fig. 1 (B).

のデータをもとに温位が一定に保たれている地帯を求めた。11 月 20 日の観測では東経 130° 54' 地点まで温位が維持されており、ルート c の観測例と同様の結果が得られた。しかし、11 月 11 日の観測では Fig. 1 (A) の a2 地点まで一定の温位が維持されていた (Fig. 4 (A) 参照)。阿蘇おろしによって温位が一定に保たれている地域はおよそ東経 130° 54' までであるが、観測日によって差があることもわかった。

3.4 阿蘇おろしの風速

阿蘇おろしの発生・発達・消失が阿蘇盆地における気温の逆転と密接に関係していることが示唆された。そこで、阿蘇おろしと阿蘇盆地における気温の逆転との関係を定点観測のデータをもとに解析した。Fig. 6 (A) に立野および同図 (B) に内牧の 10 分間平均風速と、外輪山と盆地底との気温差との関係を示す。解析には寒候期のデータから以下に示す 4 つの条件を満たすデータのみを抽出し、使用した。① 夜間 (20:00~7:00) であること、② 立野または内牧の風向が東北東から東南東の範囲であること、③ 旭志および阿蘇乙姫の風速がともに 2 m/s 以下であること、④ 気圧傾度力が小さいこと（ここでは、福岡管区気象台と鹿児島地方気象台の気圧差が ±1 hPa 以内、かつ、佐賀地方気象台と大分地方気象台の気圧差が ±1 hPa 以内のデータを使用した）。なお、気圧のデータは時別値しか得られないため、解析には毎正時のデータのみを使用した。

乾燥断熱減率を用いた場合、盆地底と外輪山との標高差 (435 m) に起因する気温差は 4.3°C となる。外輪山の気温から盆地底の気温を差し引いた値が -4.3°C より大きい場合は、盆地底の温位が低く、逆転層が形成されていると考えられる。Fig. 6 より、バラツキはあるものの、風速は気温の逆転（気温差）が大きくなるにつれて

Fig. 6. Relationship between 10-minute mean wind speed and air temperature difference of site C and site D, when the pressure gradient is weak. (A) wind speed at site A and (B) wind speed at site B.

増している。この結果は、阿蘇盆地に溜まった冷気によって阿蘇おろしが発生していることを裏付け、さらに、阿蘇おろしの風速は阿蘇盆地にどれだけ強い冷気が溜まるかによって左右されることを示している。斜面上の冷気流の速度は上空大気に対する温位低下量によって表現される (Kondo and Sato, 1988; Mori *et al.*, 1999)。また、谷を流下する冷気流の速度は冷気流の強さ (温位差) および冷気流の落差によって表現される (Sato and Kondo, 1988)。一方、盆地から流出する冷気流の速度は盆地における気温の逆転によって表現できた。

次に、場所による風速の違いを検討した。Fig. 6 (A), (B) より、盆地底と外輪山との気温差が同じ場合には、立野の風速は内牧の風速の 7~8 割程度であった。立野と内牧で風速が異なった原因を地形条件から検討した。まず、立野と内牧について南北方向の地形断面を比較し

Fig. 7. Topographic profiles in north-south at site A and site B.

た (Fig. 7)。Fig. 7 は西側から見た地形断面である。立野 (Site A) の地形断面は深い U 字谷であるのに対し、内牧 (Site B) の地形断面は立野と比べて谷が浅く、また、谷幅の狭い V 字谷となっている。ここで、阿蘇盆地における逆転層の厚さは約 200 m であったことから、外輪山の切れ目を流下する冷気の厚さは 200 m 以下と考え、立野および内牧について谷底から比高 200 m の地形断面を比較した。ただし、立野の南北断面における谷底の標高は 320 m とした。その結果、内牧の谷の断面積は立野の 62% であった。また、立野は阿蘇盆地の出口に位置するのに対し、内牧はその下流 3 km 地点に位置し、標高も 157 m 低くなっている。阿蘇おろしが立野から内牧に至る平均勾配 3° のこの区間を流下することにより、重力加速により風速が増し、さらに、地形が狭まり、気流が収束することにより風速が強まったと考えた。

Fig. 3 に示した事例は、阿蘇おろしが上空の風には左右されずに吹走している可能性を示している。阿蘇おろしと上空の風との関係を明らかにするため、上空の風が阿蘇おろしとは逆の西よりデータを抽出し、解析を行った。ここでは、上空の風の指標として阿蘇山のデータを用いた。解析には、Fig. 6 の抽出条件のうち①~③を満たし、かつ、阿蘇山の風向が西南西~西北西のデータを抽出し、使用した。なお、ここでは 10 分値データを使用した。Fig. 8 に内牧の 10 分間平均風速と、外輪山と盆地底との気温差との関係を示す。白丸は阿蘇山の風速が 4 m/s 以下の場合、黒丸は 5 m/s 以上の場合である。阿蘇山の風速が 5 m/s 以上の場合でも 4 m/s 以下の場合でも、内牧の風速と、外輪山と盆地底の気温差との関係

Fig. 8. Relationship between 10-minute mean wind speed at site B and air temperature difference of site C and site D, when the wind direction of the Site F is WSW to WNW.

はほぼ一致した。さらに、気圧傾度力が小さいときのデータを抽出した Fig. 6 (B) と比較しても、風速と気温差との関係はほぼ一致した。以上から、阿蘇おろし吹走時には、阿蘇おろしの風速は上空の風には左右されないと考えた。

内牧に吹く阿蘇おろしは 10 分間平均風速でほとんどが 6 m/s 以下 (Fig. 6 (B) 参照)、最大瞬間風速で 9 m/s 以下であった。立野においては 10 分間平均風速でほとんどが 5 m/s 以下 (Fig. 6 (A) 参照)、最大瞬間風速で 8 m/s 以下であった。阿蘇おろし吹走地帯における寒侯期の代表的な作付は麦類であり、阿蘇おろしによって風害が発生することはないと考えられる。

3.5 阿蘇おろし吹走中の気温上昇

移動観測によって、阿蘇おろしが外輪山の切れ目を流下している間に乾燥断熱減率以上の割合で気温が上昇していることが示された。例えば、11 月 11 日に行った移動観測では、阿蘇盆地底に停滞している冷気の温位は斜面温暖帯より約 7 K 低い、この冷気がその温位のまま流下するのではなく、温位を高めながら流下し、外輪山の切れ目出口の温位は斜面温暖帯より 2 K 低いだけにとどまっている。定点観測のデータをもとに、阿蘇おろしが外輪山の切れ目を流下している間にどの程度気温が上昇しているかを解析した。Fig. 9 は内牧の 10 分間平均風速と、盆地の出口付近 (Site A) とその下流 (Site B) の気温差との関係である。解析に使用したデータは Fig. 6 (B) と同じである。気温差は最大で約 3°C となり、立野と内牧の区間では最大 0.017°C/m の割合で気温が変化していた。図中の実線は両者の関係を直線回帰

Fig. 9. Relationship between 10-minute mean wind speed at site B and air temperature difference of site A and site B, when the pressure gradient is weak.

したもので、以下の関係式が得られた。

$$DT_{(\text{siteB-siteA})} = 0.16 + 0.407 \cdot WS_{(\text{siteB})} \quad (1)$$

$$r = 0.689$$

ここで、 $DT_{(\text{siteB-siteA})}$ は内牧と立野の気温差、 $WS_{(\text{siteB})}$ は内牧の風速である。Fig. 9 および (1) 式より、阿蘇おろしの風速が強いほど内牧と立野の気温差が大きくなることがわかる。乾燥断熱減率を用いた場合、内牧と立野の標高差 (177 m) に起因する気温差は 1.7°C となる。(1) 式から、風速が 3.8 m/s を超えると乾燥断熱減率以上の割合で気温が上昇することになる。この結果は、強い阿蘇おろしの場合、流下している間に外部から熱の供給を受けていることを示唆している。Noda *et al.* (2000) は斜面を流下する冷気流に関して、上空の高温位大気の吸い込みと思われる現象を観測しており、これと同様の現象が阿蘇おろしについても起こっている可能性が考えられる。この点に関しては、外輪山の切れ目で気球などを用いて気温の鉛直分布を測定し、上記の仮説を検証する必要がある。一方、阿蘇おろしの風速が弱い場合には、内牧の気温が立野より低くなる場合があり、外輪山の切れ目で逆転層が形成されている可能性があった。

4. ま と め

阿蘇おろしは実態が明らかでないばかりか、阿蘇おろし吹走地帯の農業にとっても重要な局地風である。そこで、阿蘇おろしに関する気象観測を行い、以下の知見を得た。

阿蘇盆地における気温の逆転と阿蘇おろしの風速との

間に密接な関係が得られた。阿蘇盆地に強い冷気が溜まるほど阿蘇おろしの風速が強まった。

阿蘇おろしの風速は最大風速で 6 m/s 以下, 最大瞬間風速で 9 m/s 以下であった。阿蘇おろし吹走地帯における寒侯期の代表的な作物は麦類であり, 風害が発生するほど強風になることはないと考えられる。

風速 3.8 m/s 以上の阿蘇おろしが外輪山の切れ目を吹走する場合, 気温は乾燥断熱減率以上の割合で変化した。この結果は, 強い阿蘇おろしは吹走中に外部から熱の供給を受けていることを示唆している。

阿蘇おろしが吹く地帯と阿蘇おろしが吹かない地帯の気温を比較したところ, 標高 230 m 以上の地帯では阿蘇おろしが気温を低下させる方向で作用しているが, 標高 230 m 以下の地帯では阿蘇おろしが吹くことにより気温の低下が緩和された。麦類は標高 200 m 以下の地帯で栽培されており, 阿蘇おろしは凍霜害の回避につながる気象資源になると考えられる。

観測日によって違いはあるが, 阿蘇おろしの吹走時に温位が一定に保たれた地帯はおおよそ東経 130°54' 地点までで, これより西(風下)では温位が急に低下した。東経 130°54' 地点は外輪山の切れ目の出口にあたる。

謝 辞

熊本県農業研究センター草地畜産研究所, 長陽村立野の木之内農園, 阿蘇町黒流の本田秋義氏, 大津町内牧の志賀 久氏には長期にわたり測器を設置させていただいた。また, 四国農業試験場気象資源研究室(現: 近畿中国四国農業研究センター傾斜地気象研究室)から温度計とシュルター, 九州農業試験場(現: 九州沖縄農業研究センター)資源評価研究室から風向風速計を長期にわたりお借りした。ここに記して謝意を表す。

References

- Hayamizu, I. and Yamashika, N., 1950: Matsubori Kaze. *Seibu Kanku Kisyō Kenkyū Shi*, **7**, 52-58 (早水逸雲・山鹿 延, 1950: マツボリ風. 西部管区気研誌, **7**, 52-58).
- Hayashi, Y., 1985: *Meteorology-Climatology encyclopedia*. Ninomiya Shoten, pp. 513-514 (林 陽生, 1985: 気象学・気候学事典. 二宮書店, pp. 513-514).
- Kondo, J. and Sato, T., 1988: A simple model of drainage flow on a slope. *Bound.-Layer Meteorol.*, **43**, 103-123.
- Kurose, Y. and Maki, T., 1988: Measurement of thermal belt on the slope of Mt. Osa by using infrared thermometer. *J. Agric. Meteorol.*, **43**, 275-283.
- Kurose, Y., Hayashi, Y. and Horiguchi, I., 1994: Characteristics of thermal belt over mountainous region in the west part of Shikoku. *J. Agric. Meteorol.*, **50**, 9-15.
- Kurose, Y., 2000: Matsubori Kaze. *Appl. Meteorol. Clim. Resour.*, **13**, 53-56 (黒瀬義孝, 2000: まつぼり風. 気象利用研究, **13**, 53-56).
- Maki, T. and Kurose, Y., 1988: Characteristics of local wind Arase blowing in the spinach cultivation area in Saijo city, Ehime Prefecture. *J. Agric. Meteorol.*, **43**, 311-320.
- Mori, M., Komoda, H., Kobayashi, T., Noda, M. and Takemasa, T., 1999: Characteristics of down-slope wind (nocturnal drainage wind) observed on the south foot of Mt. Kuju. *Tenki*, **46**, 281-288.
- Nakata, T., 1982: An investigative report on "Hijikawa-Arashi". *J. Meteorol. Res.*, **34**, 135-139.
- Nishimoto, H., 1978: Hijikawa Arashi. *Umi no Kisyō*, **24**, 17-21 (西本洋相, 1978: 脇川あらし. 海の気象, **24**, 17-21).
- Noda, M., Kobayashi, T., Komoda, H., Takemasa, T., Mori, M. and Sonoda, H., 2000: The structure and shear flow instability of a Cold-Air-Drainage layer (CADL) observed on a grass-covered slope of Mt. Kuju. *J. Agric. Meteorol.*, **56**, 93-99.
- Onodera, S., 1975: On the local strong wind "Matsubori Kaze". *Tenki*, **22**, 139-143.
- Sato, T. and Kondo, J., 1988: A simple model of drainage flow in a valley. *Bound.-Layer Meteorol.*, **45**, 355-369.
- Toritani, H., Kobayashi, T., Tsukamoto, O., Kurose, Y., Igarashi, T., Kashiwagi, Y., Kuwagata, T., Tani, H., Mori, M. and Wakimizu, K., 2000: Local wind (2): cold air drainage. *J. Agric. Meteorol.*, **56**, 311-316.
- Yoshino, M., 1975: *Climate in a small area*. University of Tokyo Press, pp. 389-390.