

# 盆地における気温と風との関係について\*

大和田 道 雄\*\*

## 要 旨

小地域における気温分布に及ぼす風の影響を明らかにするために、長野県菅平盆地において風と気温の同時観測を行なった。その結果、早朝は約 2.5 m/s 以下では地面付近の冷気と上層の暖気との交換の効果が大きく、風速が弱いと気温は低い。日中の午後においては 2.0 m/s 以下では地面付近の暖気と上層の冷気との交換の効果が大きく、風速が弱いと気温は高い。このように風速と気温との関係が最低気温のころと最高気温のころでは逆の現象を示していることが明らかとなった。

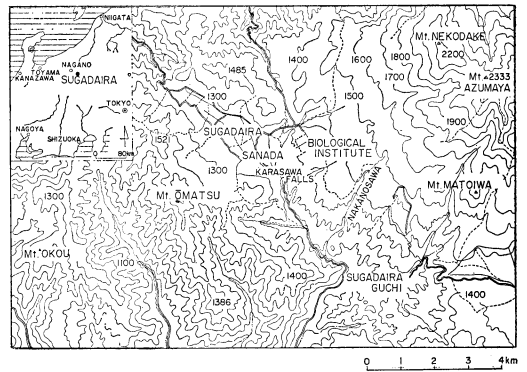
## 1. まえがき

山間盆地では、早朝周囲の斜面の放射冷却により冷えた冷気が盆地底にたまり、強い接地逆転現象を起し、冷氣湖を形成する。また日中の午後には、風速が弱い時には昇温して高温域が形成されることは吉野 (1967) によって報告されている。このような現象は盆地特有であって、平野部に比べると日較差が非常に大きくなる原因となっている。しかしこのような現象は無風時か、あるいは微風の場合に強く現われ、強風の場合は風による上層の空気との交換がさかになる。そこで盆地における風と気温分布との関係を把握するために観測を実施したので報告する。

## 2. これまでの研究および目的

調査地域の菅平盆地は「産業気象調査報告」、および「農業気象」に数多くの研究が発表されている。気温に関しては仁科 (1948) が 1947年 8 月に行なった観測によると、盆地中心地の最低気温が周辺耕地に比較して 5~6°C 低く、冷氣湖が形成されることを明らかにしている。1959年には吉野が晴れた早朝に最も著しい気温逆転現象を観測している。また夏の日中最高気温分布に関しては関口 (1951) の報告があり、早朝とは逆の分布形態を示すことが明らかにされている。

風に関しては武田 (1947) が夏季晴天日において、盆地内の 4 か所で定点観測を行ない、日中と夜間では風向が異なることを明らかにしている。さらに吉野 (1957) によれば菅平盆地の風は一般に 4~5 m/s であり、NW よりと SE よりとの 2 風向が卓越するという。また風の垂



第 1 図 菅平盆地と盆地付近の地形

直分布については Yoshino (1958) の研究があり、小型ロビンソン風速計を 40~490 cm の 5 高度に設置し、接地層における風が微細な地形の影響でいかに変化するかについて明らかにした。

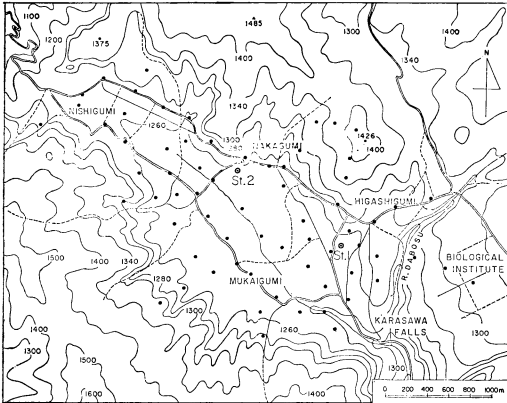
これまで、以上のように気温と風が別々に観測され、報告されてはいる。しかし、盆地の小気候分布の因子を解明するには、気温分布に影響を及ぼす風の状態について同時に観測し、究明する必要がある。本報の目的は、菅平盆地において風と気温についての同時の観測結果をもとに、気温の水平分布と風との関係を見出すことにある。

## 3. 調査地域

上記の目的の小気候調査には、観測が短時間にできる小さい盆地が最も好ましい。長野県菅平盆地は楕円形をしており、長軸 4 km、短軸 2 km の盆地底をもつ。海拔高度は盆地底で 1,250 m である。図 1 に示すように、盆地の北東方向に根子岳 (2,128 m) と四阿山 (2,333 m) があり、南西方向には大松山 (1,649 m) がある。

\* On the Relation between of Air Temperature and Surface Winds in Sugadaira Basin.

\*\* M. Owada, 愛知教育大地理学教室  
—1974年 3 月 18 日受理—



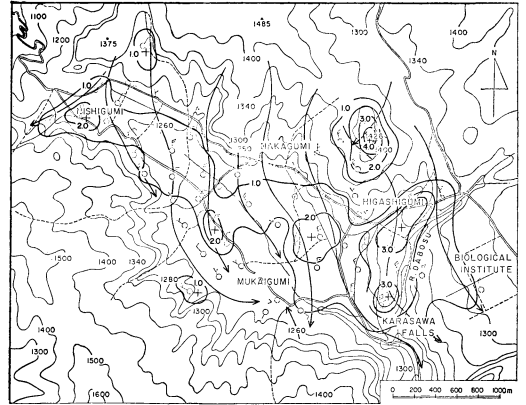
第2図 観測地点

これらの山頂から盆地底に向かって緩やかな傾斜をなしている。南西斜面と北東斜面における植生の差はあまり見られない。盆地底の長軸に沿って南東方向に小さい川が流れており、それに沿って湿地・森林となっている。その両側の盆地底はほとんどが畑として馬鈴薯、ハクサイ、レタス、キャベツなどが耕作されている。以上のことから、菅平盆地は小気候の観測地として適した地域であると云える。

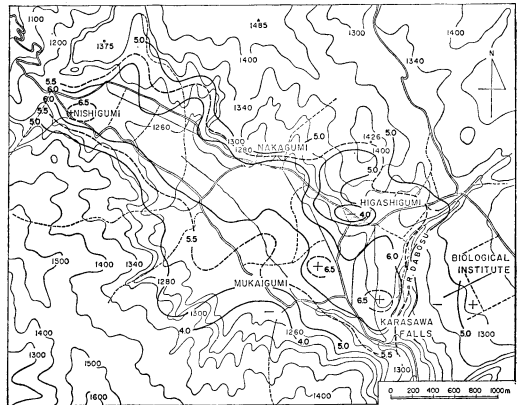
#### 4. 観測期日および方法

観測期日は1970年6月15日と、主な観測は1972年5月31日および6月1日の両日である。1972年の観測では早朝と日中の午後の2回づつ行なったが、5月31日の午後は観測中に前線の通過によって雨が降り出し、観測途中で中断した。ここで報告するのは5月31日早朝と6月1日早朝および6月1日午後の気温と風の水平分布である。また気温と風速との関係においては、1970年6月15日の観測資料も使用した。

気温の観測にはアスマン通風乾湿計を用い、風向および風速は中浅式風向・風速計を使用した。観測は移動観測と定点観測を行なった。定点は盆地の東側と西側の2ヵ所である。これは気温の時刻補正のためである。移動観測地点は約60地点であり、これを図2に示す。移動観測における気温の時刻補正は移動観測地点に近い定点の値を使用した。移動観測地点が各定点の中間付近に位置する場合には、両方の定点の値で時刻補正を行ない、その平均値を求めた。風速は吉野(1958)によって報告されているように、卓越風向に面する斜面と、陰になる斜面および盆地底では時間変化がかなり異なるため、定点の風速と移動観測地点の風速とがつねに比例関係にあるとはかぎらない。したがって、風速の時刻補正は行なわ



第3図 1972年5月31日4h00m~6h00mにおける風向と風速(m/s)の分布



第4図 1972年5月31日5h00mにおける気温(°C)の分布

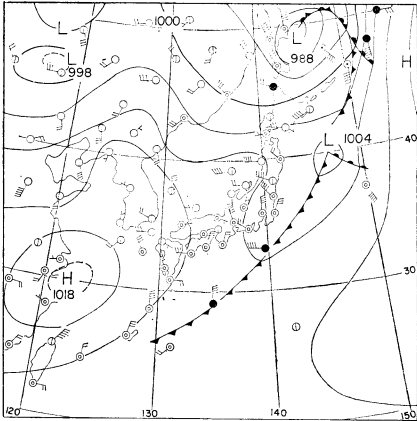
なかった。

#### 5. 観測結果

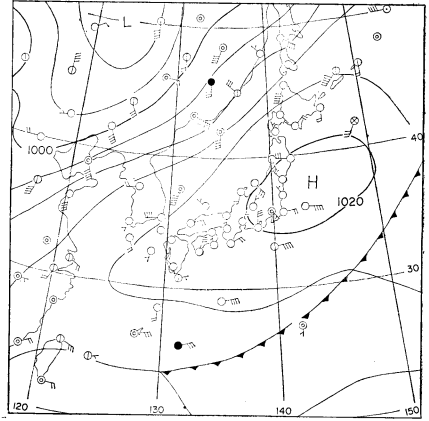
##### 1. 早朝(最低気温のころ)

1972年5月31日5h00mの気温の分布図および4h00m~6h00mの風向・風速の分布図を図3、図4に示す。この日の気圧配置を図5の3h00mの天気図から見てみると、オホーツク海に低気圧があって、三陸沖の低気圧から南西にのびる前線が沖縄付近まで達している。東シナ海の西部には高気圧があって裏日本と北日本では晴れ、その他は曇りであった。

この時の卓越風向はNW~NNWであり、大きく分けて三つの風系に分類できる。まずNよりの風が西組付近から南西方向に枝別れしており、もう一方は南側の斜面に沿って南東方向に吹くもの、盆地の東側では唐沢の谷に沿って南東方向に吹き抜けるものと分けられる。



第5図 1972年5月31日の天気図 (0300 JST)

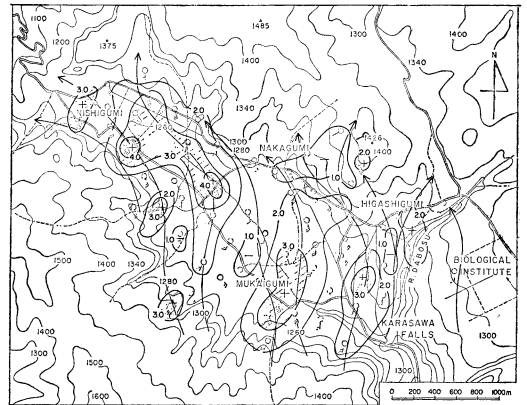


第6図 1972年6月1日の天気図 (0300 JST)

主な風の流れて強風域が見られ、東組の北に位置する山地付近、ダボス川に沿う地域、向組の北東付近、西組付近に2 m/s以上の強風域になっている。盆地の西側に比べ、東側に強風域が分布する。特に東組の北の孤立峰では4 m/sの強風域となっている。これは、須坂の方向から谷を吹きあがってくるNよりの風であろう。その陰にあたる東組付近で1 m/s以下の弱風域となる。これは、この付近の北に位置する宮前のスロープをもつ峰の影響で、風の陰に位置するために風速が弱まったものと思われる。またこの風向はSWに変化していることがわかる。これは立石(1970)によっても報告されている。

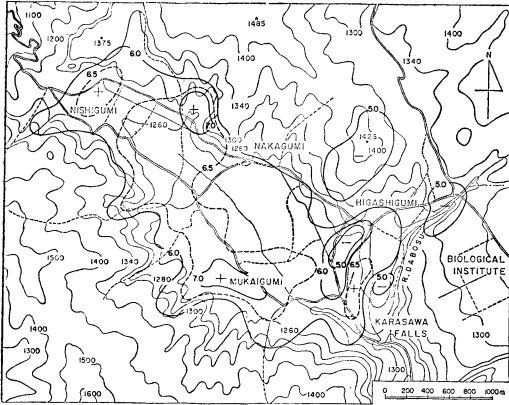
以上の分布を図4の気温の分布図と次に比較してみる。高温域は西組付近、向組の北東付近、唐沢の滝の北よりの付近で6.5°Cがあらわれる。逆に低温域は弱風域と一致し、4.0°C以下の地域となっている。これは、風速が弱いために逆転層がこわされにくく、冷気が残っているためと思われる。盆地全体から見て、西側は東側より0.5°C気温が高い。これは、盆地の東側に湿地帯がかたより、西側に平坦な畑がやや広く、冷却が強いためではなかろうか。盆地底における気温と風速の分布形態を比較して見ると、盆地の東側では6.5°Cの地域が3 m/s、6.0°Cが2 m/sとほぼ一致する。西側では6.5°Cが2 m/s、6.0°Cが1 m/sの等値線とほぼ一致する。盆地の西側では東側より同じ気温に対して約1 m/s弱い風速が対応する。

次に6月1日の場合についても述べ、5月31日と比較検討してみる。1972年6月1日4<sup>h</sup>00<sup>m</sup>~6<sup>h</sup>00<sup>m</sup>の風向および風速の分布図を図7に示す。この時の天気は図6に

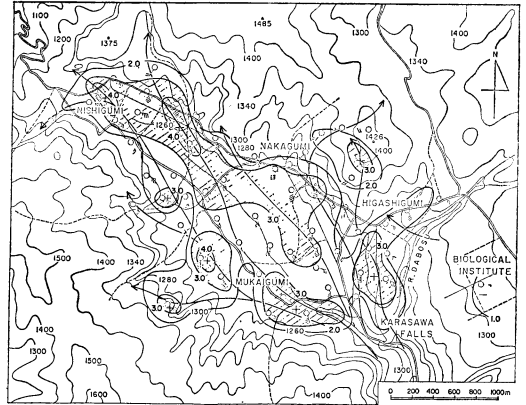


第7図 1972年6月1日4<sup>h</sup>00<sup>m</sup>~6<sup>h</sup>00<sup>m</sup>における風向と風速(m/s)の分布

示すように高気圧が中部日本を覆っていて、大陸に高気圧が張り出している。5月31日より前線が東へ移動しており、この日は全国的に晴れている。これは、吉野(1964)の研究によると、移動性高気圧型に入ると思われる。この日はSよりの風が卓越していた。盆地の東側ではダボス川に沿って北東方向に向きを変えるものと、そのまま北上するものとに分けられる。西側においては南西向斜面に沿って向きを変え、北西方向に吹き抜けていることが読みとれる。風速の分布では、風向の流線に沿って強風域が分布する。強風域は南側斜面に沿う地域と向組付近に3 m/s以上、盆地の短軸より西側、および西組付近は4 m/s以上の強風域となっている。一般に東側に比べ、盆地の西側に強風域が分布する。北よりの風の卓越していた時に比べ、東組の北側に位置する1,426 mの山地の南側斜面は1 m/s以下の弱風域となっている。



第8図 1972年6月1日5<sup>h</sup>00<sup>m</sup>における気温(°C)の分布



第9図 1972年6月1日13<sup>h</sup>30<sup>m</sup>~15<sup>h</sup>30<sup>m</sup>における風向と風速(m/s)の分布

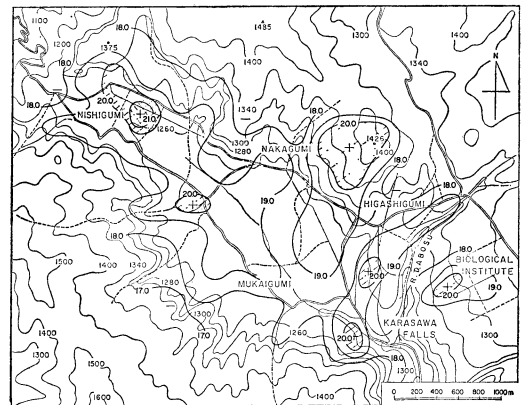
この時の気温分布図を図8に示す。高温域は風下斜面にあたる向組付近、さらに中組と西組の中ほどに7.0°Cが分布する。大体、盆地の中部から西側にかけて高温域が見られ、低温域は盆地の東側に5.0°C以下が分布する。6.0°Cの地域は2m/sの地域と、6.5°Cは3m/sとはほぼ一致する。これらのことから、菅平盆地の早朝(最低気温が出現するころ)には風向の違いによる盆地底の変化はあまり見られない。強風域は一般に気温が高く、弱風域は気温が低く現われることがわかる。

これは早朝の場合、盆地周辺の斜面の放射冷却によって生じた冷気が盆地底に停滞して冷気湖を形成し、風速の弱い所では強い逆転層が破壊されずに残っているためと考えられる。

## 2. 日中の午後(最高気温が出現するころ)

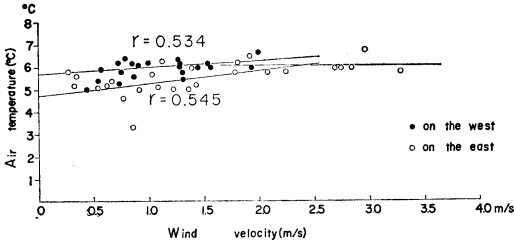
6月1日13<sup>h</sup>30<sup>m</sup>~15<sup>h</sup>30<sup>m</sup>の風向・風速の分布図を図9に示す。Sよりの風が卓越し、特に菅平川に沿って盆地に吹き込んでいるのがうかがえる。南東方向から吹き込んでくる風は、そのまま北上するものと、盆地の長軸に沿って北西方向に盆地を吹き抜け、西組付近で北と南西方向に枝別れるものに分けられる。盆地の東側では、生物実験所とダボス川の上流に強い東の風が吹いているのがうかがえる。全体的に見て、盆地の西側に強風域が出現している。4m/s以上の強風域は西組付近、さらに向組との中間付近、また南側斜面に沿って分布している。強風地域は早朝とさほど変化がない。弱風域は生物研究所の近くに1m/s以下が分布する。

この時の気温分布図を図10に示す。盆地が平野部に比べて日較差が大きいことはすでに述べたが、盆地底の西側は19.0°C 東側は18.0°C以上の気温が分布する。



第10図 1972年6月1日14<sup>h</sup>00<sup>m</sup>における気温(°C)の分布

20.0°C以上の高温域は西組の東と向組との中間付近、ダボス川と唐沢に沿う地域、生物実験所付近に分布する。さらに東組の北に位置する山地が20.0°C以上の分布地域となっている。低温域は盆地底よりも海拔高度が40~50m高く、盆地の長軸に沿う南西斜面に18.0°C以下、北東斜面が17.0°C以下となっている。以上のことから、気温と風速の分布図を比較すると、分布形態は早朝の時と違っている。すなわち、最低気温出現時には強風地域と高温域とがほぼ一致していたが、最高気温出現時には逆になっている。たとえば、盆地の東端に位置する生物実験所の付近は1m/s以下の弱風域となっていて、20.0°C以上の高温域となっている。南側斜面における3~4m/sの強風地域は17~18°Cの低温域に対応している。このことから、日中の午後においては早朝の



第11図 1972年5月31日の早朝(5h00m)における風速(m/s)と気温(°C)の関係

場合とは逆に強風地域は気温が低く、弱風域は気温が高く現われていることがわかる。

これは、日中に盆地底の地面付近において強い風のと看には上空の冷たい空気との交換が盛んなため、気温が低くなるからである。

6. 気温と風速との関係

以上に、盆地における気温分布図と風向・風速を水平分布から検討した結果、対応がみられることがわかった。これをさらに明らかにするため、最低および最高気温出現時の気温と風速との関係について考察してみた。

縦軸に気温  $T$  (°C)、横軸に風速  $W_V$  (m/s) をとって、1972年5月31日早朝における風速と気温との関係を盆地の西側(黒)と東側(白)に分けてプロットした結果が図11である。この図からある一定の風速まではほぼ直線で表現できることがわかった。この日はNよりの風が卓越しており、盆地の西側は東側に比べて約1.0°C 気温が高く現われているのが読みとれる。盆地の東側における気温と風速との相関係数を求めると0.55である。この相関係数は危険率が1%で有意であるので、これを回帰直線によって求めると

$$T_{E1} (°C) = 4.7 + 0.57 W_{V1} (m/s) \dots\dots\dots (1)$$

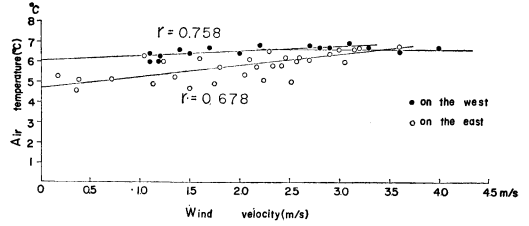
で表現することができる。

また盆地の西側においては相関係数が東側とほぼ同じ0.53であり、危険率1%で有意である。これを回帰直線で現わすと

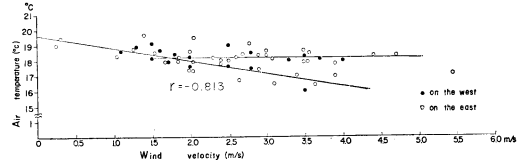
$$T_{W1} (°C) = 5.7 + 0.3 W_{V1} (m/s) \dots\dots\dots (2)$$

である。このような直線で表現できる相関は、盆地の東側と西側で少々異なるが、(1)式では1.4 m/s以下、(2)式においては2.3~2.4 m/sまでであり、それより風速が増しても気温はそれほど変化しないことが明らかである。

さらに同時刻における1972年6月1日早朝の気温と風速との関係を図12に示す。この日はSよりの風が卓越していた。図11の場合と同様に盆地の西側と東側において



第12図 1972年6月1日の早朝(5h00m)における風速(m/s)と気温(°C)の関係



第13図 1972年6月1日の日中の午後(14h00m)における風速(m/s)と気温(°C)の関係

は、同風速における温度差がさらに大きいことが読みとれる。風速が1.5 m/s においては約1.0°C、0.5 m/s においては1.3~1.4°C の温度差が見られる。盆地の東側の相関係数は0.68であり、危険率0.1%で有意である。したがって、この西側と東側の温度差は直線関係でも明瞭であり、盆地の東側は

$$T_{E2} (°C) = 4.7 + 0.57 W_{V2} (m/s) \dots\dots\dots (3)$$

によって表現できる。これは(1)式と同じであり、盆地の東側においてはNよりの風の気温分布とあまり変化がないことを示している。

また盆地の西側においては相関係数が0.76と高く、危険率0.1%でNよりの風の状態よりも相関が高い。これを回帰式によって表わすと

$$T_{W2} (°C) = 6.1 + 0.2 W_{V2} (m/s) \dots\dots\dots (4)$$

が求められる。この相関が見られる風速の範囲はNよりの風よりも約1 m/s 弱く、(3)式では2.4 m/s 以下、(4)式においては3.4 m/s 以下であり、それ以上風速が強まっても気温の変化が見られないことがわかる。これは早朝の斜面の放射冷却によって、冷気が盆地底に停滞したものが、風によって拡散されたものと思われる。

最高気温出現時には1972年の6月1日の14h00m における観測結果から考察した。これを図13に示す。その結果、早朝とは逆の相関を示し、相関係数は-0.81と高い。危険率は0.1%で有意であり、これを回帰式によって求めると

$$T_3 (°C) = 20.6 - 0.97 W_{V3} (m/s) \dots\dots\dots (5)$$

となる。(1)~(4)式に比べて相関係数が高いのは、

第1表

風速 (m/s)	気温の偏差値* (°C)	
	(A) 早朝 (5 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup> )	(B) 日中の午後 (14 <sup>h</sup> 00 <sup>m</sup> )
0.00~0.49	-0.45	1.05
0.50~0.99	-0.88	-0.35
1.00~1.49	-0.10	-0.16
1.50~1.99	-0.05	0.11
2.00~2.49	-0.06	-0.24
2.50~2.99	0.18	-0.05
3.00~3.49	0.37	-0.10
3.50~3.99	0.28	-0.49
4.00~4.49	0.30	-0.23
4.50~4.99		-0.03
5.00~5.49		-0.33

\* ここでいう偏差値とは、盆地全体の気温の平均値に対する移動観測地点との差である。ここで  
(A)は1972年5月31日、6月1日、  
(B)は1970年5月16日、1972年6月1日の観測資料を使用した。

盆地における東側と西側に気温の顕著な差が見られず、観測地点数(n)が多いためであろう。しかし、風速が約1.7 m/s以上になると風速が増しても気温に変化は見られない。これは盆地底に停滞した高温域が、風によって拡散されるためであり、上層と下層が混合するため、ある一定の風速以上では気温の変化が見られないものと思われる。これについては伊豆西浦での吉野(1953)の報告がある。これらのことから、最低気温出現時における気温と風速との関係は、盆地の西側と東側に分けられ、それぞれ「正」の相関を示す。これに対して最高気温出現時においては、盆地の西側と東側との差はみられず、「負」の相関を示すことが明らかとなった。

この関係をさらに明確にするために、何回かの観測結果を合わせて比較検討したのが表1である。早朝においては1972年5月31日と6月1日、日中の午後では1970年5月16日の観測結果と1972年6月1日の両日である。これらの各2回の観測結果の値を補正するために、盆地における気温の移動観測値の平均を求め、平均値に対して各移動観測地点の値と比較して偏差値を求め、風速との関係を調べた。さらに、風速0.5 m/sごとの偏差値の平均を求め、風速との関係を読みとった。その結果、早朝においては風速が2.49 m/sまでは偏差値が負の値を示し、2.50 m/s以上では正の値を示している。これは盆

地における風速の弱い地域ほど低温であり、風速の強い地域は高温域になることを示している。また、日中の午後においては0.50~1.49 m/sの間に負の偏差値が見られるが、この風速の出現頻度が2回と少なく、代表的な値とは言いがたい。しかし、1.5 m/s以上と0.49 m/s以下では正の値を示していることから、2.0 m/sを境にして2分され、風速の強い地域は気温が低く、風速の弱い地域は高温域となって現われることがわかる。以上のことから、盆地底における早朝と日中の午後では、風速と気温との関係が逆であることがわかる。

## 7. 結語

本報では、小地域における気候要素の分布には風の状態が大きな影響を及ぼす。その一例として気温分布に及ぼす風の影響を取りあげ、同時観測を行うことにより、盆地における気温分布と風との関係を明らかにした。最低気温出現時と最高気温出現時における差異について比較検討した結果、以下の事実が判明した。

### 1. 最低気温が出現するころ

1) 強風域と高温域はほぼ一致して分布する。たとえば、盆地の東側では6.5°Cの地域が3.0 m/sの地域、6.0°Cの地域が2.0 m/sの地域と一致し、西側は気温の6.5°Cが2.0 m/s、6.0°Cが1.0 m/sのそれぞれの地域が対応している。

2) 東組の北に位置する1,426 mの峰は、Nよりの風の場合に山頂付近は4.0 m/sの強風域となり、気温は5.0~5.5°Cと盆地全体に比較して差はみられない。Sよりの風においては1.0 m/s以下の弱風域となり、気温も5.0°C以下で盆地の最低気温と同じ値を示す。

3) 気温と風速との関係は、盆地の東側においては卓越風の違いによる差は認められない。しかし、相関係数はSよりの風の時に高く、危険率0.1%で有意である。

4) この相関がみられるのは、Nよりの風の場合、盆地の西側では1.4 m/sまで、東側では2.4 m/sまでである。Sよりの風では、西側で2.4 m/s、東側では3.4 m/sまでである。それ以上の風速では風速と気温の関係は認められない。

5) 風速と気温の地域平均からの偏差値との関係は、0~2.49 m/sまでは偏差値が「負」の値を示し、それ以上風速が増すと「正」の値を示す。これは、弱風域が盆地底における気温の平均値より気温が低いことを意味している。

### 2. 最高気温が出現するころ

1) 強風域と高温域にズレがみられ、盆地の東側と西

側との顕著な差はみられない。南側斜面の3.0~4.0 m/sの比較的風が強い地域では17.0~18.0°C、逆に1.0 m/s以下の地域では20.0°Cの地域が広がる。

2) 気温と風速との関係は負の相関を示し、相関係数は-0.81である。危険率0.1%で有意である。

3) この負の相関が見られるのは風速が1.7 m/sまでであり、それ以上風速が増しても気温は下がらない。

4) 風速が0~1.99 m/sまでは「正」の気温偏差値を示し、2.0 m/s以上になると「負」の値を示す。これは、2.0 m/s以下の弱風においては、気温の平均値より高温の地域が分布する。

### 3. 風速と気温分布

以上のことから、早朝は約2.5 m/s以下では地面付近の冷気と上層の暖気との交換の効果が大きく、風速が弱いと気温は低い。日中の午後においては2.0 m/s以下では地面付近の暖気と上層の冷気との交換の効果が大きく、風速が弱いと気温は高い。このように風速と気温との関係が最低気温のころ(気温逆転時)と最高気温のころ(気温遙減時)では逆の現象を示していることが明らかとなった。

最後に、観測資料を御提供下さり、御指導いただいた法政大学の吉野正敏教授に深謝する次第である。また、東北大学の設楽寛助教授、横浜国立大学の谷地正孝助教授、愛知教育大学の森山昭雄助教授には貴重な御助言を

いただいた。さらに、愛知教育大学学生の申岡陽一郎・安田惣一君には資料整理を手伝っていただいた。以上記して感謝の意を表したい。

### 文 献

- 仁科伸彦, 1948: 菅平における夏季の気温分布, 産業気象調査報告, **12**, 1, 20-24.
- 関口 武, 1951: 小地域における湿度・気温分布と地上被覆(その2), 地理学評論, **24**, 404-411.
- 武田京一, 1949: 菅平における夏季の風について(1), 農業気象, **5**, 17-21.
- 立石由己, 1970: 風の乱れにおよぼす小地形の影響, 地理学評論, **43**, 11, 692-696.
- 谷津栄寿, 1946: 菅平における気温逆転と土壤凍結, 天気と気候, **12**, 5, 14-19.
- 吉野正敏, 1967: 小気候, 地人書館, 52-64.
- 吉野正敏, 1957: 菅平高原の気候と小気候, 東京教育大学研究報告(1), 159-188.
- 吉野正敏, 1958: 溪谷の風—谷間に形成される渦について—, 農業気象, **13**, 4, 129-134.
- 吉野正敏, 1964: 菅平の天気「菅平その自然と人文」増訂版, 22-30.
- 吉野正敏, 1953: 伊豆西浦の気温に関する2・3の報告(2)—小地域内の気温日変化の比較(その2)—, 農業気象, **8**, 第1・2号, 37-40.
- Yoshino, M., 1958: Wind speed profiles of the lowest air layer under influence of microtopography, Journal of the Meteorological Society of Japan, Series II, **36**, 174-185.