論 文

斜面下降風と一般風との関係について*

今 岡 円 七

(西伯方中学校, 九州大学農学部)

Relation between Down Slope Wind and General Wind

E. IMAOKA

(Nishihakata Junior High School ; Faculty
of Agriculture, Kyushu University)

1. は し が き

晴夜における斜面上の接地気層の冷却によつて生ずる下降風は、局地的気温差発生の大きな原因であると思われ、下降風の消長が農業地域の霜害発生に直接つながっている場合も多い。

瀬戸内海の小島で発生する斜面下降風は非常に定常的で系統的な時間的な変化は見い出されていないが、夜間における一般風の変化にともなつて、冷却層の逆転度並びに流下速度が大きく変動している事実が見い出されたので、それらの結果を分析して検討することとする。

2. 観 測 要 項

観測は瀬戸内海の北緯 $34^{\circ}14'$ 、東経 $133^{\circ}05'$ にある愛媛県越智郡伯方島で行なわれた。同島における観測場所は、北西部にある小さな半島で²⁾、観測点の配置を第

Fig. 1. Observing points.

1 図に示している。谷線に沿つた測点 $V_2 \cdot V_3 \cdot V_5 \cdot V_6$ 並びに小尾根上 $R_1 \cdot R_2$ には、微風用小型自記風杯風速計及び小型自記風信器が地上 1m の高さに設置され、1961 年 5・10・11 月の各月の、晴夜の風を記録した。谷の下流部の平地にあつて、最も定常的な下降風の流路にあると

考えられる V_5 には、高さ 14m のポールが立てられ、 $14 \cdot 10 \cdot 6 \cdot 1$ m の各高度に、気温微変動測定用熱電対及び風速計などを取りつけ、地上で記録を行なつた。またリフトバルーンによる地上 30m 高度までの、気温、風の観測も不定期的に附加して行なつた。

V_5 とその南側の小尾根上の測点 R_1 及び V_2 とその東側の測点 R_2 とは共に高度差は大体 30m で、この高さはそれぞれこの地域での下降風の上限以上の高度²⁾であり、一般風のない場合は無風帯となつており、 R_1 及び R_2 で記録された風は一般風と考えてよいようである。

3. 一般風による下降風速の変化

(1) 第 2 図に 1961 年 5 月 6 日夜の、谷のほぼ中央 V_3 と海岸 V_6 における、地上 1m 高度の下降風速・風向、及び $V_0 \cdot V_3 \cdot V_6$ における地上 30cm 高度の気温変動の様子を示してある。 V_6 における風向から判断して、この夜は日没の 18 時頃より、日出の 06 時頃まで全夜下降風が発達していたことがわかり、風速の記録をみると日中から続いていた東の風が 18 時 10 分頃停止し、其後約 30 分で南西の下降風 0.9m/s に達し、以後大きな変動もなく夜明けまで続いており、日出後の下降風の停止もまた急で明瞭である。谷の中部の V_3 での記録も上記の特長を備えているが、 V_6 での全夜を通じての風速の変動係数 $C.V$ が 11.4% であるのに対して、 V_3 では 21.9% で幾分大きくなっている。 V_6 は海岸の平坦地で地形が単純であるが、 V_3 附近は複雑でありまた高度も高く、これらの影響を受けているものと思われる。

(2) 第 3 図に 1961 年 10 月 17 日夜の V_5 における、地上 1・5・10・14m 高度の風速並びに地上 1m 高度の風向、また小尾根上 R_1 の地上 1m 高度の風速風向が示されている。日没の 17 時頃から南西の下降風が始まり、5m 高度に最大風速が現われ、1m/s に達し、ほぼ定常状態が続いているが、 R_1 の記録が示す西の一般

* 昭和 37 年 11 月 中四国文部例会にて発表

Fig. 2. States of the air temperature and regular down slope wind. May. 6~7, 1961 (clear and calm night)

Fig. 3. Fluctuation of the down slope wind below 14 m height and the general wind. Oct. 17~18, 1961 (cloudy night)
 V_s ; Observing point in the valley with down slope wind,
 R_1 ; Observing point on the ridge with general wind.

風が 1m/s に達した 21 時 30 分より 0 時までの間、 V_s の 5m・1m 高度の風速は明らかに低下を示しているが、風向はやや変動が大きくなっているのみで、下降風向であることにはかわりはない。また 10 月 15 日夜の $V_6 \cdot V_5 \cdot V_3 \cdot V_2$ における地上 1m の風の記録²⁾ にも、一般風の発生時に下降風速が低下するという明瞭な事実が現われている。

(3) 以上の事実をさらに具体的にしらべるために、全夜快晴で下降風が盛んに流下しているとき、東・北西南の各方向の、よわい一般風が介入した場合の観測結果を分析して検討を進めることとする。

(i) 第 4 図に 11 月 15 日夜 V_s で観測された、一般風が下降風向とほぼ逆と思われる東~北東の場合の様子を示している。17 時より 04 時までは V_s で下降風が発達しているが、一般風東 (R_1) が増すにつれて下降風速はしだいに低下し、01 時前後の記録にその関係は明瞭に現われており、東の一般風が 1.0m/s を越した 4 時以後は谷間を下降風と逆の東の一般風が吹き上げている。同図の下に V_s と R_1 の夫々の 30 分毎の平均風速を求め、 R_1 を x 軸に、 V_s を y 軸にとつてその相関を示している。 R_1 の風速が 1.3m/s 以上に達したとき、 V_s の下降風はほとんど停止して、無風の釣合いともいふべき状態となつている。 R_1 の風速が $0.3 < x < 1.3$

Fig. 4. Correlation between the down slope wind and the east general wind. Nov. 15~16, 1961 (clear night)

(m/s) の範囲内では、上記の観測において下降風と一般風との関係を表わす直線の式は、 $y=1.0x+1.5$ であるとみてよい。

(ii) 谷の側面から下降風に直角に一般風が介入した場合は、尾根にさえぎられて下降風への影響は少ないものと思われる。11月6日夜観測された、 R_1 の風向が北西の場合のこれらの関係を第5図に示している。この場

Fig. 5. Correlation between the down slope wind and the north-west general wind. Nov. 6~7, 1961 (clear night)

合も北西風が増加したとき下降風の風速は低下しているが、 R_1 の風速が 2m/s 近く達しても、 V_s の風向は変動は大きいが南西で、下降風の風向を示している。 $R_1 \cdot V_s$ の風速の相関図を見ると、谷の前面より下降風と反対方向の一般風が吹込んだ前記の場合にくらべて、ゆるやかであるがやはり負の相関がみられ、 R_1 の風速が 1.0m/s に達すると、下降風への一般風の混入の様子がうかがえる。北西の一般風が $0.1 < x < 1.6$ (m/s) の範囲で下降風の変化を表わす直線の式は、 $y=-0.5x+1.3$ とみなしてよい。

(iii) 谷の背面より一般風が吹き込んだ場合、つまり南西の下降風に対して南~南西の一般風が吹いた。11月8日夜の記録を第6図に示している。この場合も一般風が 1m/s 以下の 18~23 時の間、下降風がよく発達し、一般風が 1m/s を越えた 23~01 時の間は、下降風が低下して変動の位相は逆になっている。相関図にも同様の傾向が現われており、1.0m/s 以下で一般風の混入が始まり、1.5m/s 以上に達すると一般風が主に吹き下つ

Fig. 6. Correlation between the down slope wind and the south general wind. Nov. 8~9, 1961 (clear night)

ているようである。このような傾向は 11月7日夜、11月14日夜の観測にも現われており下降風の背面から一般風が介入した場合も他の場合と同様に下降風速の低下がおり、下降風が一般風によつて加速されることはないようである。上記の観測結果について、両者の相関を表わす直線の式は、 $0.1 < x < 1.2$ (m/s) の範囲内で $y=-1.0x+1.5$ とみてよい。

4. 一般風と逆転層との関係

(1) 下降風が発生しているときに一般風が介入すると、気温並びに風のプロファイルがどのようかわかるかを知らため、一般風が東 (11月7日夜)、南 (10月14日夜)、北西 (10月17日夜) の場合の、 V_s または V_0 におけるリフトバルーンによる、地上 30m までの観測結果を第7図に示している。10月15日夜の一般風の影響のない場合のプロファイルは、気温・風共に典型的な下降風の様相を示しているが、他の場合はいずれも一般風が地上 15m ぐらいまで現われ、気温の逆転が 2°C 内外に低下し、これに従つて下降風速も 1.5m/s 以下に弱化している。

(2) 以上のことをさらに詳しくしらべるために、 V_s における $14.6 \cdot 0.2\text{m}$ の各高度における、気温の微変

Fig. 7. Various profiles of the down slope wind and the air temperature by the general wind. Observed at V_5 or V_6 Oct., Nov., 1961 (clear night)

動記録について検討を進めることとする。第8図の上段に11月7日夜の V_5 と R_1 の風の記録を示している。下段にある三つの記録 J_2 は5時15分から6時25分までの間のもので、最下列は0.2m高度の気温、中列は0.2m対6m高度の気温差、上列は14m高度の気温で、上の風の様子から北東の一般風が0.3m/s以下で快晴、好条件下の気温微変動記録とみてよい。0.2m対6m高度の気温差は大体2~3°Cとなっており、0.2m高度の気温は10~11°Cで安定し、定常的な下降流を思わせる。記録 J_1 (中段) は22時40分から23時50分までのもので、上の風の記録から一般風北東が支配しているがそれが弱まり、下降風が現われ始めるが再び一般風が強まって、下降風が消滅するときの記録である。中段最上列のグラフはこの期間内の R_1 での10分平均の風速変化(一般風)を示す。一般風が1.0m/s以下となつた22時45分頃より気温の低下が始まり、22時56分頃から23時12分までは0.2m高度では、3~4°C低下して安定しているが、14m高度では冷氣と暖気の混合の様子が察せられる。地表をおおう冷氣は一般風の消長と密接に結びついており、一般風が限度以下に下ると突如として冷氣が支配し、かなり明瞭な限界が

みられることがわかる。

以上のことは谷の正面から下降風に対して逆方向の一般風が吹き込む場合のものであるが、背面並びに側面からの場合は逆転度の低下は同様に起っているが、上記の様な明瞭な接地気温の変化は認められない。

5. 考察及び結論

晴夜における冷氣の流出については我が国においてもかなり多くの研究がみられる。すなわち吉野、間野ら⁷⁾の伊豆西浦、猪苗代、船津、磐梯山麓などでの調査によると、冷氣の流出は20~21時、23~1時、3~4時におきることが比較的多く、立石による菅平での観測でも冷氣の流出時刻を集計すると、24時以前と以後にそれぞれ1~2回極大があるとされている。われわれが瀬戸内海の小島で観測した範囲内では、全夜を通じて一般風の影響がなく、輻射による冷却の条件が一定であるならば、冷氣の流出は極めて定常的で特別な流出時刻等は見当たらない。小島ではすべての地形が比較的単純でしかも小規模であ

Fig. 8. Relation between fluctuation of the air temperature and the general wind. Nov. 7~8, 1961 (clear night)

り、晴夜に生成された冷気は直ちに海上に排出されており、従つて流下の様相も簡単になるものと考えられる。小島において晴夜の冷気流出に変動をあたえる大きな原因の一つは、一般風であることが観測結果に表われており、逆転層が一般風の影響を受けることについては、RINK, 正務などの研究にも明らかにされているが、われわれは晴夜において谷を流下する冷気流速と一般風の強さとが、ほぼ負の一次関数で表わされることをみつけた。また谷間を下る冷気流の背面から一般風が介入する場合も、他の場合と同様に下降風速の低下がおきることは興味深いが、これらの事実はさらに多くの地形についての比較観測の後に討論されなければならない。

西日本が高気圧圏内に入り、輻射による冷却の条件が

Table 1. Developing time of general wind in clear night and the time of flow out regular down slope wind.

Date	Oct. 12-12 (clear)	Oct. 13-14 (clear)	Oct. 15-16 (clear)	Nov. 6-7 (clear)
Developing time				
Regular down slope wind (V_s)	16 h- 21 h	17 h-0 h 3 h-6 h	17 h- 22 h 3 h-7 h	16 h- 20 h 4 h-7 h
General wind (R_1) (R_2)	20 h-(S)	22 h- 2 h(W)	22 h- 2 h(NW)	21 h- 4 h(NW)

ほぼ定常的であると考えられた夜間において、2 m/s 以下の一般風が発生して下降風の流下に変化をあたえた場合の時刻を調査して第 1 表に示している。上記の期間内の晴れた静穏な夜、一般風の吹いた時刻は、0 時を中心にして前後 2~3 時時間以内の場合が多く、従つて夜半前と後にそれぞれ冷気流出の最盛期が現われていることは、前記の内陸地方での観測結果とも一致している。また冷気下降風に対する一般風の介入は、逆転層の破壊による気温の急昇 (3~4°C) をともなうが、これらのことについては別の機会に述べたい。

参 考 文 献

- 1) DAVIDSON, B and P. K. RAO 1958; Preliminary report on valley Wind studies in Vermont, 1957. Final Report Under Contract No. AF 19 (604) 1972.
- 2) 今岡円七, 1964; 斜面下降風に関する観測とその考察, 農業気象, 20, 17~24.
- 3) RINK, J., 1953; Über das Verhalten des mittleren Vertikalen Temperaturgradienten. Abh. Met. Hydrol. Dienstesd. D. D. R. 18.
- 4) 正務 章, 1949; 阿蘇山における気温の逓減率及び逆転の調査, 研究時報 1
- 5) 立石由己, 1961; 菅平における冷気の流出, 天気 8
- 6) 吉野正敏, 1960; 冷気流と冷気湖に関する最近の研究, 農業気象, 15, 161~165
- 7) 吉野正敏, 西沢利栄, 1960; 冷気の流出と霜道の形成, 農業気象, 15, 133~138

Summary

The following is the explanatory summary of the influence of the general wind upon down slope wind in the results of some observations made, in 1961, in a valley at Hakatajima (at 34°14' N. Lat., 133°05'E. Long.) in the Inland Sea of Seto.

(1) When it is a clear night and there is no intervention of the general wind, the down slope wind blows regularly, but no systematic flowing time can be found.

(2) It may be said that, when the general wind rises under the development of the down slope wind, inversion layer grows weak and the velocity of down slope wind falls, and that the relation of the velocities of both winds is generally shown by a negative linear function. When the velocity of the general wind reaches about 1.5 m/s, the down slope wind stops.

(3) It is interesting that the above-mentioned relation is also observed when the general wind blows into the rear of the down slope wind. But these facts must be examined after many observations have been made in much more lays of the land.

(4) In clear nights during the period of these observations, the general wind grew strong between 2200 and 0200 hours in many cases. Accordingly the peak of the down slope wind appeared very frequently both before midnight and after midnight.