



Title	石狩平野の降雪の水平分布（Ⅱ）：（海岸部の降雪と風）
Author(s)	李, 杙雨; Lee, Chung Woo; 菊地, 勝弘 他
Citation	北海道大学地球物理学研究報告, 28, 1-12
Issue Date	1972-11-25
DOI	https://doi.org/10.14943/gbhu.28.1
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/14018
Type	departmental bulletin paper
File Information	28_p1-12.pdf



石狩平野の降雪の水平分布 (II) (海岸部の降雪と風)

李 杙雨*・菊地勝弘・孫野長治
北海道大学理学部地球物理学教室
(昭和47年4月18日受理)

The Horizontal Distribution of Snowfalls on the Ishikari Plain, Hokkaido. Part II

(The Snowfall and the Wind in the Coast)

By Chung Woo LEE*, Katsuhiko KIKUCHI
and Choji MAGONO

Department of Geophysics, Faculty of Science, Hokkaido University

(Received Apr. 18, 1972)

The horizontal distributions of snowfall and wind were observed at a mesoscale network which was prepared along the coast of Ishikari Bay in the winter of 1966, in order to clarify the relation between snow clouds on the bay any snow belts in Ishikari Plain.

As a result of the observation, it was found that there were several bands of snow clouds and several belt areas of high wind velocity along the wind direction in the winter monsoon season, however the snow belt areas did not correspond to the bands of snow clouds, although it was generally expected that individual snowfalls occurred under the individual snow clouds. At times, the depth of snow cover decreased during the snowfall.

Comparing the change of the depth of snow cover on the coast with that on the leeward inland, it was found that the new fallen snow on the coast was drifted far to the leeward inland, and the amount of the drifted snow was estimated.

I. ま え が き

先の論文(李・菊地・孫野, 1972)では石狩平野内陸部の降雪と風の分布について報告したが, そこでは海岸部における降雪については述べなかった。それは内陸部の降雪と海岸部の降雪は次のような点で異なった見方で考えなければならぬと思われたからである。第1には海

* 現在所属: 朝鮮民主主義人民共和国気象水文研究所(平壤市)

* Present affiliation: The Meteorological and Hydrological Institute, The Korean Democratic People's Republic.

岸部の降雪においては、先の論文で述べたように内陸の降雪の発生域とは別の発生域が寄与しているということ、第2には海岸部の地上風は内陸のそれと比較して著しく風速が大であり、風向においても雪雲の進行方向と殆んど変わらず、しかも内陸性気流の影響もあまり受けることなく常に北西の季節風下にあるということ、そして第3には海岸のような強風域においては真の降雪量の測定が困難であり、風による飛雪の影響を受けるからである。したがって海岸部の降雪は、このような不正確な降雪量よりも積雪値そのもので議論した方がよいと考えられ、それはまた風の強い地域であればある程降雪は影響を受け易く、これらの効果をすべて忠実に表現するのは積雪変化であるということからも妥当と考えられる。

II. 観測点および観測項目

先に述べた目的を遂行するために、これまで行なわれてきた一連の手稲山降雪総合観測 (MAGONO *et al.* 1959, 1960, 1962, 1963, 1965, 1966) の観測点であった手稲山、祝津、北大の他に、特に海岸に沿って、石狩、三線、花畔、樽川、山口の5点を新たに観測点として設けた。各観測点の位置および組織はそれぞれ Fig. 1 および Table 1 に示されている。

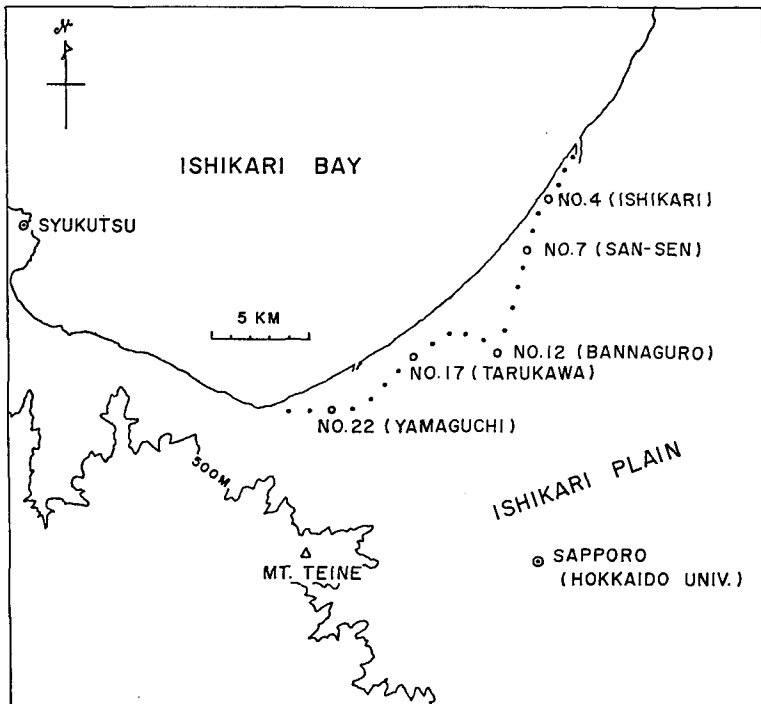


Fig. 1. Locations of observation points of depth of snow cover.

Table 1. The data-gathering organization.

観測点	観測項目	観測者	現在所属
	総括	孫野長治	北海道大学理学部
手稲山	雲観測 (16ミリ駒撮り映画 35ミリ, パノラマ) 顕微鏡 レプリカ	菊地勝弘 鈴木重尚 由田建勝	北海道大学理学部 北海道大学低温科学研究所 札幌管区気象台
祝津	雪結晶ゾンデ U. D. ゾンデ 雲観測 (35ミリ, パノラマ) レプリカ	樋口敬二 田沢誠一 梶川正弘 中村秀臣	名古屋大学理学部 死亡 秋田工業高等専門学校 防災科学技術センター新庄支所
石狩	雲観測 (35ミリ, パノラマ) レプリカ 風向風速 積雪 (観測点 Nos. 1~4)	葛西俊之 河野安威	死亡 北海道厚岸湖見高校
三線	雲観測 (全天カメラ) レプリカ 風向風速 積雪 (観測点 Nos. 5~9)	李 杵 雨 佐野正春	朝鮮民主主義人民共和国気象水文研究所 石油資源開発株式会社
花畔	雲観測 (全天カメラ) レプリカ 風向風速 積雪 (観測点 Nos. 10~14)	志尾 弥 徳 周 徳	北海道教育大学岩見沢分校 シンガポール気象台
樽川	雲観測 (全天カメラ) レプリカ 風向風速 積雪 (観測点 Nos. 15~19)	播磨屋敏生 山崎 武	北海道大学理学部 同上
山口	雲観測 (全天カメラ) レプリカ 風向風速 積雪 (観測点 Nos. 20~24)	竹内政夫 金光正郎	北海道開発局土木試験所 フロリダ州立大学大学院
北大	雲観測 (35ミリ, パノラマ) レプリカ	八木鶴平 重野忠史	防災科学技術センター, 東京 シャープ株式会社
小樽市銭函町 手稲町山田 石狩町生振	自記風向風速		

III. 海岸における風と雪雲

1966年1月27日, 28日, 2月2日09時における海岸附近の風の分布, 写真観測による雪雲の位置およびレーダーによる降雪域をそれぞれ Figs. 2, 3, 4 に示してある. 図中実線は 1 m/s 単

位で書かれた等風速線を、また海岸に沿って南北にのびる帯状部分は積雪観測のため500 m～1 km 間隔におかれた24 個所の地点から得られた日積雪深の増加した部分を小さい点々で示してある。その他、雲域は斜線で、レーダーエコーは大きい点々で示してある。

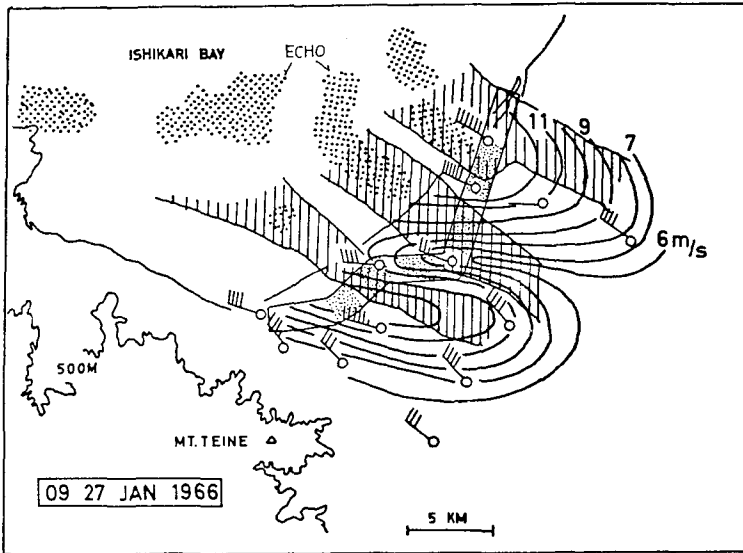


Fig. 2. Horizontal distributions of wind velocity, depth of snow cover, snow cloud area and radar echo area on Ishikari Plain (0900 JST, 27 Jan. 1966). Areas of densely dotted; Areas of increased depth of snow cover, Shaded; Snow cloud areas.

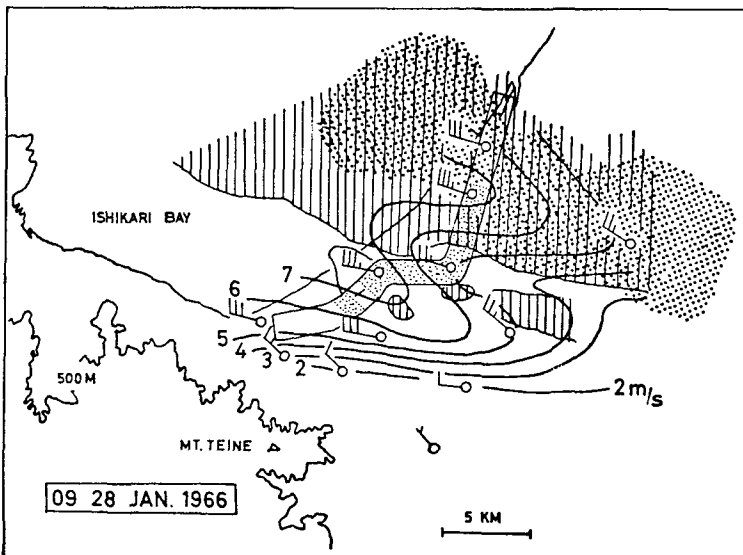


Fig. 3. Same as Fig. 2 (0900 JST, 28 Jan. 1966).

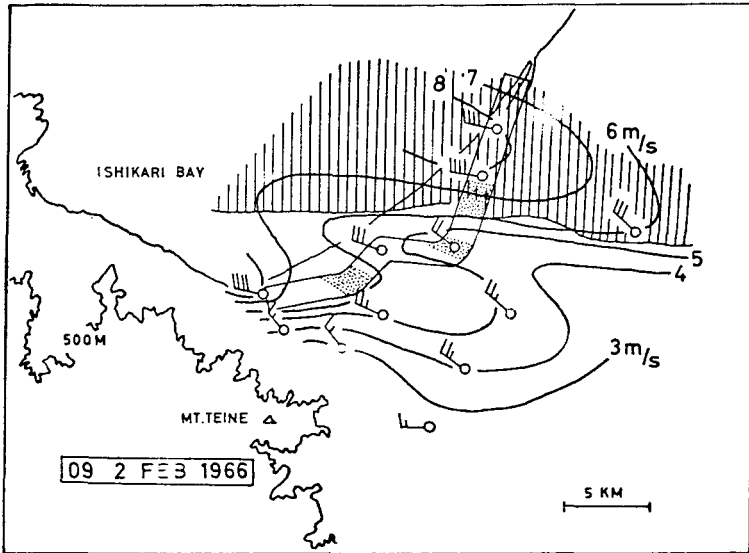


Fig. 4. Same as Fig. 2 (0900 JST, 2 Feb. 1966).

まず風速分布に注目すると、3例共強弱はあるが風向に沿う2本の強風帯が北と南に存在している。その内、北の強風帯に関しては3例共雪雲に関係したものとみなすことができる。ただFig. 2の例において雲列は3本存在し、それに対して強風帯は2本であった。従って雲列との対応はつけにくい、この場合も北の強風帯はレーダーエコーの前部に位置しており、何等かの降雪現象に関係したものとみることができる。一方南の強風帯は3例共直接降雪現象には関係ないとみられる。それはこのような強風帯が3例共に見出されたことから、その原因は地形的な効果によるものだと考えるべきであろう。すなわち北西風を積丹半島が受けとめる効果によって生ずるものと考えられる。これによって生ずる強風帯の位置と強さは風向および風速によって左右されるであろう。

以上の事実より強風帯は雪雲に伴うものであり、雪雲は殆んどの場合降雪を平野にもたらすという事実からみて、海岸において降雪のある地域では風も強いと結論される。

次に降雪についてみると、Fig. 2において09時過ぎより時間のずれはあったがレーダーエコーの進入につれて海岸の主な観測点すなわち、石狩、三線、花畔、樽川の各点において降雪があったし、強風帯に含まれる石狩、三線では霰を伴う強い降雪があった。他の2例においては強風帯に含まれる石狩、三線で降雪があった。しかしながらFigs. 2, 3, 4における積雪増加域には、このような降雪地域を確認することはできない。従ってこの事実と先の結論から強風帯は弱風帯に比して降雪の多い場所であるにもかかわらず実際の積雪においては両者の相違は現われないと結論される。またこのことから降雪におよぼす強風作用を降雪を飛雪にする作用と見なすことができるであろう。

IV. 海岸における積雪の日変化

先に述べたように海岸の積雪は真の降雪によるものだけではなく強風による飛雪の影響をかなり含んでいることがわかった。そこで強風帯の積雪に与える効果をみる前に海岸一帯はそもそも季節風の強い影響下にある強風地域と考えられるので、このような海岸地帯の積雪変化から考えることにする。

積雪の観測点は Fig. 1 にみられるように石狩の北方約 1.5 km の地点を No. 1 とし 500 m ~ 1 km 間隔で No. 24 まで海岸に沿って配置された各観測点で行なった。主な観測点番号は Nos. 4, 7, 12, 17, 22 であり、これら 24 の観測点では毎日 11 時頃積雪深が測られた。また花畔附近の Nos. 12, 13, 14, 15 は北西の季節風に殆んど平行に配置していることから、これらの資料は後の積雪の内陸への移動についての考察に用いられた。

Fig. 5 は海岸の積雪が 1 日の間にどのように増減するかをみたものである。縦軸は積雪の日変化量を (cm) で、横軸は左から観測点 No. 1 より No. 24 までをとり、各観測点における積雪の増減を表わし、特に増加した部分は点々で区別してある。図の最上段を例にとると、4 個所の増加域と 4 個所の減少域のあったことがわかる。右側の数字は相関係数で、0.00 は 1 月 26 日 ~ 27 日間の積雪と 27 日 ~ 28 日間の積雪との相関係数が 0.00 であり、この 2 つの積雪傾向において何等の関係もないことを示している。また負の相関係数が大きいということはその日の積雪が翌日にその分だけ減少したということの意味している。新積雪 (1 日間の積雪の増加量) が減少する原因としては風の他に気温の上昇による融解、昇華蒸発および積雪自身の沈降等が考えられるが、積雪の昇華蒸発および沈降については 1 日という短い期間では殆んど考えなくともよいと思われる。気温については Fig. 6 の石狩における期間中の最高気温からわかるように 0°C 以上の気温上昇がなかったことから最も影響の大きい融解による積雪の沈降は考えられない。従って新積雪の減少する原因をここでは風だけであると考えた。

Fig. 5 で負の相関の大きい 27 ~ 28 日, 29 ~ 30 日, 30 ~ 31 日は共に比較的新積雪が多い。このことは新積雪が多ければ逆に減少する分も多いということである。これらの日は Fig. 6 の石狩における日平均風速においても、それぞれ 11.0, 14.0, 9.5 m/s と大きかった。また 2 月 1 ~ 2 日の

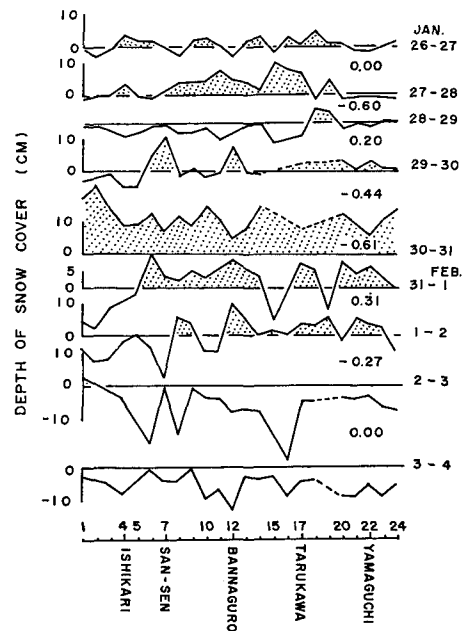


Fig. 5. Changes of depth of snow cover at 24 observation points.

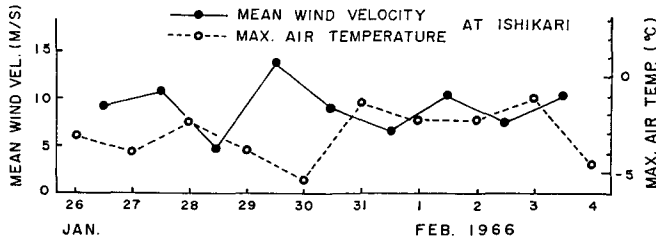


Fig. 6. Time changes of the mean wind velocity and the maximum air temperature observed at Ishikari.

小さいけれども負の相関の場合には 10.5 m/s とやはり風速が 10 m/s を越えている。このことは新積雪の多い日は風も強く翌日は積雪が減少してしまうことを意味している。ただ例外なのは 1月31日～2月1日における 0.31 の正の相関であるが、それは次のように考えられる。すなわち前日の新積雪が多過ぎるために 1日では風による雪の運搬が終わらず 1月31日～2月1日には風上の新積雪が移動しつつある期間と考えられ、そして翌日には風は新積雪を殆んど運び去ることによって負の相関に戻ったものであろう。このような風上の雪の風下への移動に関してはあとで言及する。

以上みたように、新積雪は風によって強い影響を受けていることが結論された。前にもみた強風帯においても同様の効果が期待できるものと考えられるので、このことについて次に言及する。

V. 強風帯と積雪

強風帯と積雪の関係をみるためには雪雲に伴われた強風帯のみられた日について議論すべきであるが、その資料は 3日間しかないのここでは全観測期間 (1月26日～2月4日) の積雪資料を用いるため海岸に沿う全観測点について考える。このことは強風帯のみられた 3日共強風帯の位置がそんなにずれていない事実から許されるであろう。

Fig. 7 は 24 個所の全積雪観測点の 1 日間積雪変化の相関関係を示している。例えば No. 10 についてその相関係数が -0.5 であるということは、観測期間の 10 日間に、当日の新積雪が翌日には相関係数 0.5 で減少していることを意味している。図中おおよその傾向をみるため各観測値を含む幅 0.6 の 2 本の点線を書いてみた。これは一種の誤差の範囲と考えられるものであるが、このような大きい誤差の範囲を考えてもなおかつみられる 2 本の点線の波状傾向は信頼度の高い一つの事実を示していると考えてよいであろう。相関係数を求める際に見積られる誤差は 0.3 である。また図には観測例からみられた強風帯のおおよその範囲を示してある。一見して明らかなように殆んど地点が負の相関を示している。そして更に強風帯とより大きい負の相関で一致していることである。このことから海岸地域では新積雪は風によって運び去られるということと合わせて、強風帯においてはこの傾向がより強いと結論される。従って強風帯

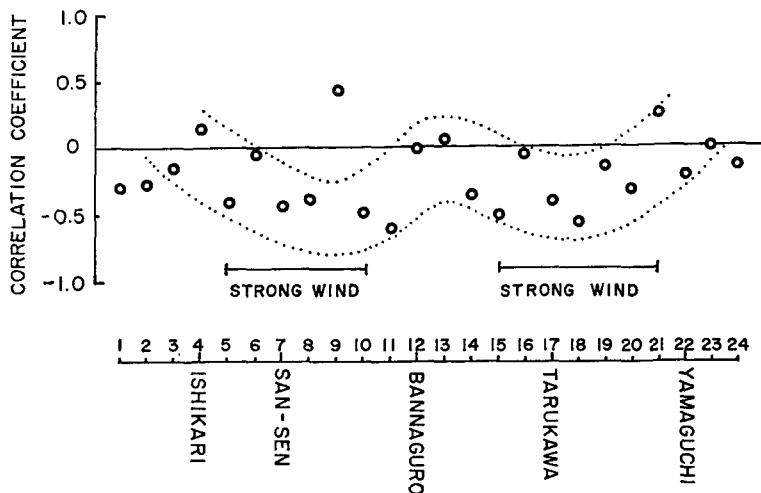


Fig. 7. Auto-correlation coefficients of daily change in depth of snow cover at each observation point.

は真の降雪量が多い地域であるが、積雪量の多い地域にはなり得ないということが結論される。

VI. 風による積雪の移動

これまでは海岸地域、特に強風帯における積雪に及ぼす風の影響をみてきた。その結果風は積雪を容易に運搬するものであることを確認した。しかしながらある地点の積雪は風によって持ち去られると共に持ち込まれる分もなくてはならない。特にこのような効果は新積雪の多い日の後に現われると思われる。そこで平野全域にわたって多くの新積雪があった1月30~31日の後の積雪の移動を考えることにする。このような効果をみるためには当然積雪観測点が卓越風向に平行に並らぶものが選ばれねばならない。また強風帯においての効果がより顕著であろうことから強風帯に含まれる観測点を用いることが理想であるが両方を満足させる観測点はなかった。それでここでは弱風帯ではあるが卓越風向に並んだ観測点の資料を用いて議論する。用いた観測点はFig.1に示されたNos. 12, 13, 14, 15が選ばれた。Fig.8の上部Iはこれらの地点での前日の積雪深を基準にとった時の2月1日の積雪の増減を縦軸にとり、横軸は地点番号を表わしている。下部IIは2月2日の同様な意味の積雪を表わし、風は左から右に吹いている。

Iの図によると前日に比して2月1日の積雪が減少した地点は風上のNo.15だけであり、他の3点は増加している。また一方IIの図によるとその翌日は減少域がNo.15から更にNos. 14, 13と風下の地点にまでおよび、No.12のみが増加域になっている。そして減少域の積雪が増加域の積雪に移動しているとみることができる。そこでFig.8の上下の実斜線で示された部分の積雪が1日間に風下へ移動した分であると考えられるから、この量に等しくなるように風下の増加域を考えるとIIの図の点斜線によって示される範囲が得られる。この値は積雪の変化

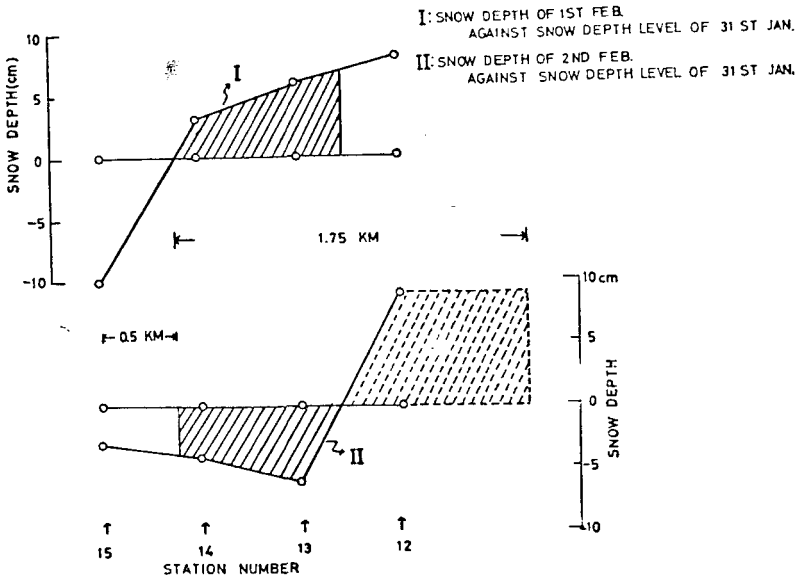


Fig. 8. Transportation of snow cover due to wind drift at the observation point Nos. 12~15.

のない点（積雪の運搬と堆積量が等しい点）の移動距離の約2倍に相当する。以上のことは弱風帯に相当する地点での議論であり、2月1日から2月2日間の平均風速が5 m/sであり、この時強風帯では10 m/sに近い風速であったので強風帯での積雪移動範囲は上の値の数倍にもなるであろう。

VII. 海岸地域の積雪傾向

これまで海岸に沿う積雪観測点および卓越風に平行な観測点の資料から風によって積雪が運び去られ、また運び込まれるという事実をみてきた。このような風の積雪に及ぼす影響が平野における積雪分布という二次元的な見方においても当然現われるであろうことが容易に期待される。それでこの節では、ある程度平野内部まで含めた積雪傾向について考察する。

Fig. 9は平野内の積雪傾向をみるために選ばれた観測点を示し、また2地点間の数値は観測期間すなわち10日間における2地点間の日積雪量の相関係数を表わしている。正の数値が1に近いということは2地点間の日積雪量が共に増加するか、共に減少するか傾向が強いということである。相互地点間の相関係数0.6以上の地点を結んだのがFig. 10の実線である。このように結ばれた地点は日積雪傾向が互に類似しているとみなせるし、結ばれない地点間にはそのような類似性に乏しいとみることができる。このような考えに基づいて日積雪傾向の類似域とそうでない地域を区分して引かれたのが破線である。

この図でまず興味あるのは弱風帯を通る内陸までのびる区分帯である。これの存在は弱風帯において積雪は風の影響をそれ程受けることなく降雪は卓越風によってそのまま地上に積るこ

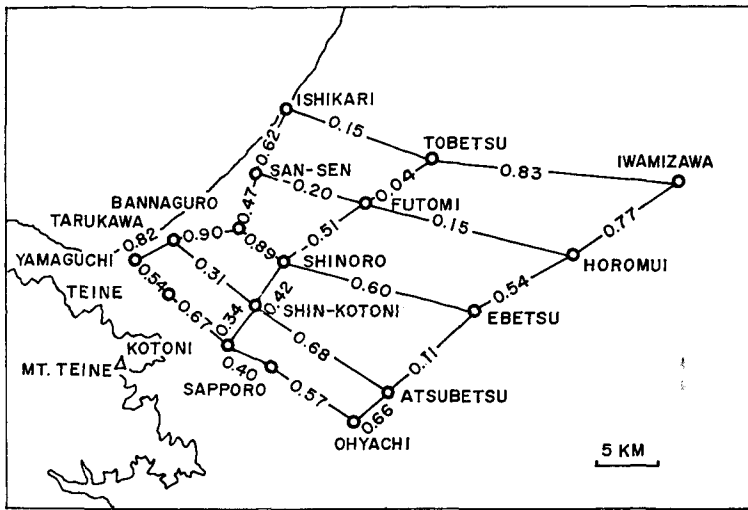


Fig. 9. Correlation coefficients of depths of snow cover between each observation point on Ishikari Plain.

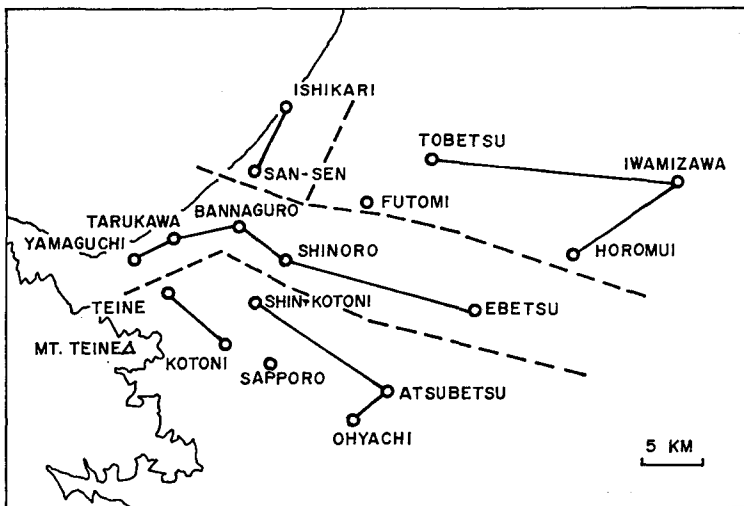


Fig. 10. High correlation coefficient zones (solid lines) and discontinuity zones (dashed lines).

とを示している。これに対して南と北の強風帯においては海岸と内陸をわける不連続がある。すなわち強風帯においては内陸と海岸の積雪傾向が異なっているということを示している。本来卓越風向に沿う地域では積雪傾向が類似するであろうと期待されるが、そのような地域に強風帯が重なる時には、積雪が強風によって除去あるいは堆積されることにより風下の地域の積雪傾向を風上のそれと逆相関の関係を生みだすことになり、その結果強風帯においては卓越風向に沿っての積雪傾向の不連続を作ることになったものと考えられる。

また海岸に沿って強風帯域と弱風帯域間においても不連続が期待される。実際、三線と花畔間には弱いけれどもそれが見出された。しかしながら花畔と樽川間には不連続が見出されなかった。この理由は南の強風帯は地形効果によるものであり、降雪を伴わないということと、降雪がある時には強風帯および弱風帯の区別なく一様にみられるであろうことから十分理解される。

VIII. 結 論

以上積雪を主として海岸の降雪を考察してきた。そして真の降雪は風によって影響を受け、その結果が積雪であるという見方に立って降雪発生機構と離れて議論をしてきた。それは海岸地域では降雪はそもそも海上より進入する雪雲に伴われるものであり、しかも季節風時には常に降雪があるという事実と、また海岸は季節風下の強風域であるということから、降雪がより直接的な積雪現象へすぐつながらないということをもみるためであった。そして得られた結果は次のように要約される。

海岸には雪雲に伴う降雪と強風帯がみられ、そこでは降雪量は多いが風も強いので積雪量としての増加はそれ程多くはない。それは風向に沿って並らべられた観測点の積雪資料より積雪が風によってかなり風下に移動させられるためであることが確かめられた。またある程度内陸までを含む二次元的な積雪分布の考察より卓越風に沿う積雪傾向の類似帯および海岸の強風帯の作る積雪傾向に不連続のあることが確かめられた。

(謝辞) この研究に用いた資料は Table 1 にあげた方々の協力によるものであり、また内陸の積雪傾向をみるために用いた資料の多くは管内国鉄保線区の厚意によるものであり、著者は厚く感謝の意を表するものである。

本研究は文部省特定研究異常気象の局地豪雪研究の一部として行われたものである。

文 献

- 李 柱雨・菊地勝弘・孫野長治, 1972. 石狩平野の降雪の水平分布, I (内陸部の降雪と風), 27, 13-23
- MAGONO, C. and colleagues, 1959. Preliminary investigation on the growth of natural snow crystals by the use of observation points distributed vertically. Jour. Fac. Sci., Hokkaido Univ., Ser. VII, 1, 195-211
- MAGONO, C. and colleagues, 1960. Investigation on the growth and distribution of natural snow crystals by the use of observation points distributed vertically, II. Jour. Fac. Sci., Hokkaido Univ., Ser. VII, 1, 267-282
- MAGONO, C., HIGUCHI, K., ORIKASA, K., TAKAHASHI, T., KIKUCHI, K., NAKAMURA, T., KIMURA, T. and SAKURAI, K., 1962. Investigation on the growth and distribution of natural snow crystals by the use of observation points distributed vertically, III. Jour. Fac. Sci., Hokkaido Univ., Ser. VII, 1, 373-391
- MAGONO, C., KIKUCHI, K., KIMURA, T. and LEE, S., 1963. Investigation of natural snow crystals, IV. Jour. Fac. Sci., Hokkaido Univ., Ser. VII, 2, 49-78

- MAGONO, C., KIKUCHI, K., LEE, S., ENDO, T. and KASAI, T., 1965. An observation of snow crystals and their mother cloud (Investigation of natural snow crystals, V). Jour. Fac. Sci., Hokkaido Univ., Ser. VII, 2, 123-148
- MAGONO, C., KIKUCHI, K., KIMURA, T., TAZAWA, S. and KASAI, T., 1966. A study on the snowfall in the winter monsoon season in Hokkaido with special reference to low land snowfall (Investigation of natural snow crystals, VI). Jour. Fac. Sci., Hokkaido Univ., Ser. VII, 2, 287-308