



# HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	みぞによる地ふぶき量の測定
Author(s)	小林, 大二; KOBAYASHI, Daiji; 小林, 俊一 他
Citation	低温科学. 物理篇, 27, 99-106
Issue Date	1970-03-31
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/18104">https://hdl.handle.net/2115/18104</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	27_p99-106.pdf



## みぞによる地ふぶき量の測定\*

小林大二・小林俊一

(低温科学研究所)

石川信敬

(北海道大学大学院 理学研究科)

(昭和44年7月受理)

### I. ま え が き

地ふぶきの研究の重要な課題の一つは地ふぶき量と風との関係を求めることである。この点に関して当然のことながら多くの観測研究が行なわれてきた。方法は大きく2つに分かれる<sup>1)</sup>。1つは地ふぶき捕捉装置を垂直方向に並べて地ふぶき量の高さ方向の分布を求める方法である。その分布から地ふぶき量を推算するわけである。もう一つの方法はみぞとか障害物による吹溜り量を測定する方法である。現在までの観測の大部分は前者の方法で行なわれている。塩谷<sup>2)</sup>は後者の方法として人工的に林をつくって測定している。第1の方法の欠点は地ふぶき捕捉装置の捕捉率の判定がむずかしいことと、最下層での地ふぶき量の測定が困難をきわめる点にある。しかも最下層を運ばれる地ふぶき量は全層のそれに比して非常に大きいことが知られている。例えば、風速 11 m/sec の時に雪面から 20 cm までの層に 90% 以上<sup>3)</sup>が含まれる。大浦<sup>4)</sup>は下層に地ふぶき量が多いことに着目して幅の広いみぞ (幅 1.8 m) を使った。風向に直角に2本の平行みぞを掘り、風上及び風下の吹溜りぐあいから地ふぶきの発生機構を解明しようとしたわけである。その後低い地ふぶきの飛雪の運動が Saltation (跳躍運動) であることが明らか<sup>5,6)</sup>になり、幅 1.8 m のみぞを越える跳躍を行なう飛雪は少ないことがわかった。

今回はこの幅の広いみぞを使って地ふぶき量を直接測定し、風速との関係を明確にすることを主目的とした。同時に、この結果から地ふぶき発生の限界風速をも明らかにできると考えた。みぞの捕捉率についてはなお問題を残すが一応の結果を得た。地ふぶき量の直接測定の例が現在のところ少ないのでここに報告する。

### II. 測定条件

観測地点は北海道大学第2農場の南東端近くで、時期は1969年1月末から2月いっぱいである。風上に約700 m、風下に100 m 位つづく平らな雪原がある。実験の方法は大浦の論文<sup>4,7)</sup>に述べてあるが、主目的が異なるので少しかわっている。まず、積雪中に幅 1.6 m、深さ 0.6~0.8 m 位のみぞを主風向に直角に長さ 10 m にわたって2本平行に掘る。2本のみぞの間隔は 20 m

\* 北海道大学低温科学研究所業績 第967号

にしての観測が2回、3mの観測が5回であった。20mの間隔の時は2本のみぞの間に発生する地ふぶき量を測定することを目的とした。みぞの間隔を3mにしたのは風上のみぞによる捕捉の補助のためである。理論的にはもっと間隔を狭めて数本掘るべきであるが労力、費用の点で止むを得なかった。地ふぶきが始まってから、たまりぐあいのタイムマークとして青、赤の色水を時々噴霧した。時間間隔は大体30~60分、地ふぶき強度に応じて加減した。みぞの中の吹溜り量の測定は主風向に沿って1本につき2か所行なった。まず密度測定を行ない、同時にたまりぐあいのスケッチをアクリル板にはったビニールシート上に行なった。地ふぶきが降雪中に発生することが多かったので、みぞに直接入った降雪は2本のみぞのたまりぐあいから判定して除去して地ふぶき量を求めてある。地ふぶき量は主風向に直角な1cm幅の空間を通過してたまった量で示してある。

風は4杯の風杯型風程式風速計の電接回数器記録によって読みとった。10分間毎の風程から求めた値を地ふぶき継続時間で平均して風速とした。風速の変動幅のデーターとしては10分間値を用いている。風速計の高さが積雪深によって変動するので、対数分布則に従って1mの値に換算してある。

風は地ふぶき運搬の能力を示す目安であろうが、それに対する係数として、積雪のけずられやすさ、飛雪のとばされやすさなどがある。これ等は直接観測することがむずかしいので関係量としてつぎのものの観測、測定を行なった。降雪の有無に主眼をおいた降雪程度、測定以前も含めた地ふぶきの継続の状況及び雪温(表面)、積雪表層の密度、硬度、飛雪の目立つ大きさなどである。雪温は棒状アルコール温度計でなるべく表面近くの雪温を測定するようにした。表層密度は3cm厚のサンプラーによる。硬度は木下式硬度計で径20cmの円板によった。沈みは1~2cm程度である。飛雪の観測はレプリカ液をぬったプレパラートを雪面に接する層を主としている。なお1月28日及び2月15日の場合は小島の測定<sup>7)</sup>を参照されたい。

### III. 結 果

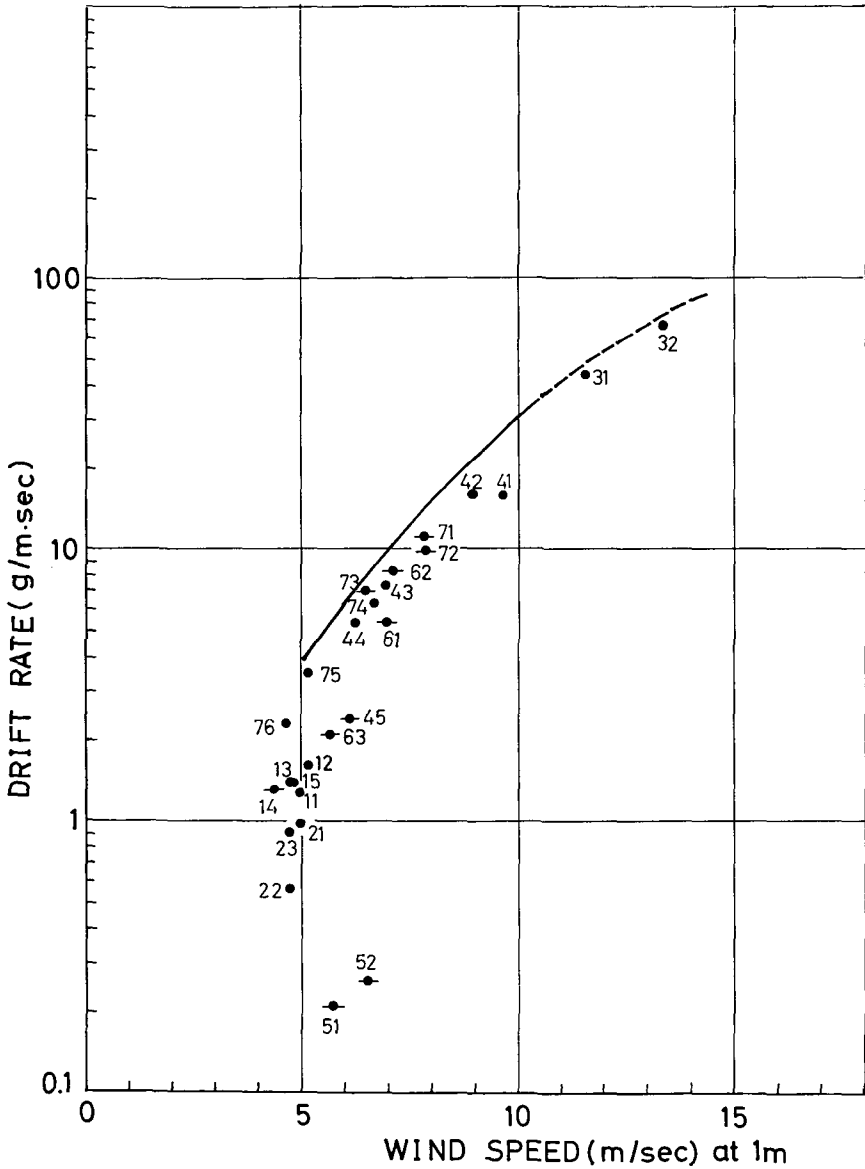
第1表は風速、風速の変動、風向、地ふぶき量、地ふぶき継続時間、地ふぶき強度、雪温(表層)、降雪状況、積雪密度(表層)、積雪硬度(表層)等を示す。地ふぶき継続時間はほとんどの場合観測の時間間隔に等しいが、風が弱まり地ふぶきが途中で止んだ時もあったので、時間平均する時は、この継続時間を基準にしてデーターの処理をしてある。地ふぶき強度は地ふぶき量をこの時間で平均したものである。地ふぶき強度と風速との関係を取り出して第1図に示す。風速は前述の如く、地ふぶき継続時間の算術平均値によった。地ふぶき強度は風速の一次関数ではないが、風速の変動幅が1観測毎には小さいので、この処理をした。今回のみぞによる地ふぶき量の捕捉率は大略次のようである。風速6~7m/secまではほぼ1、10m/secで0.8~0.9とみてよい。しかし正確な処理をするにはデーター不足なので、この捕捉率の補正は行なわなかった。

第1表の観測番号を第1図に示してある。降雪を伴わない地ふぶきには第1図中では横棒を入れて区別した。降雪は地ふぶき発生に大きな引き金となるが、2月7日(51, 52)の場合を



除いては降雪のないことの影響があまり顕著でない。この日を除いては積雪表面の密度、硬度が大體一樣に小さいためであろう。雪温も  $-5 \sim -7^{\circ}\text{C}$  と低く、総じてとびやすい観測例とみてよい。2月5日は雪温が融点近くであったが、風が強かったためその効果がかくれている。

風の弱い時は前述の地ふぶき発生量を左右する雪質による係数の変動が大きくなるので、地ふぶき量の減少とともにその値が分散してくる。その結果、地ふぶき発生の限界風速は第1図の如く  $4 \sim 5 \text{ m/sec}$  と幅をもつ。



第1図 地ふぶき強度と風速

●; 地ふぶき      ●; 降雪を伴った地ふぶき  
 数字は第1表の観測番号を示す

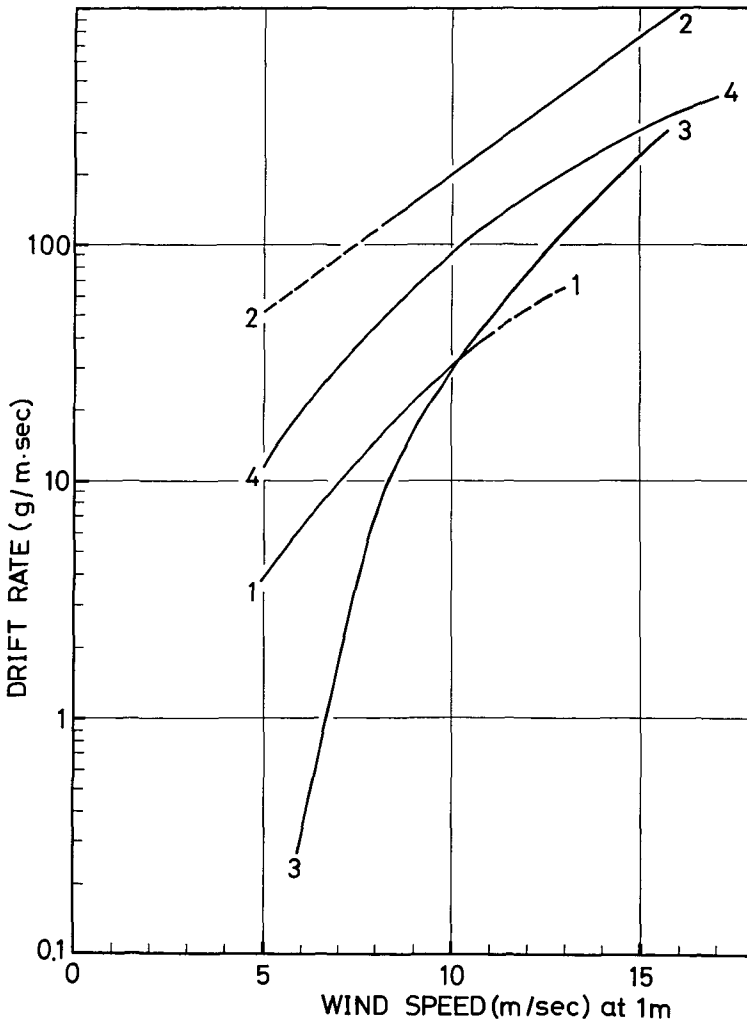
今回の観測は積雪表面層の雪質が比較的軟かく地ふぶきの発生しやすい条件であった。そこで今回の観測における地ふぶき強度の上限は札幌附近においては地ふぶき量のほぼ限界を示すものと考えた。この上限を示す線を簡単な実験式で示せば次のようになる。

$$Q = 0.03V^3 \quad (1)$$

$Q$  は  $g/m \cdot sec$ ,  $V$  は  $m/sec$  で  $1m$  の高さの値とする。風速  $5 m/sec$  から  $12 m/sec$  までが適用範囲である。

#### IV. 他文献との比較

現在著者の手元にある文献の中から3つの実験式をあげて著者の求めた式との比較を行なう。風速の値の算出基準を検討せずに種々のデータを比較することは危険なことである。一



第2図 地ふぶき強度と風速 (種々の実験式の比較)  
数字は本文中の式の番号

応風速を 1 m の高さでの値に統一し、地ふぶき強度を g/m·sec であらわす。

Budd, Dingle & Radok (1965)<sup>8)</sup>

$$\log Q = 1.15 + 0.115V \quad (2)$$

Дюнин (1954)<sup>9)</sup>

$$Q = 0.255(V-5)^3 \quad (3)$$

Мельник (1952)<sup>2,8,9)</sup>

$$Q = 0.092V^3 \quad (4)$$

(1), (2), (3), (4) の式のグラフを第 2 図にのせる。式 (2) は Budd 他が 1962 年の 3 月末から 12 月初めにかけて南極の Byrd 基地で観測推算を行なったものである。雪温は  $-24 \sim -40^\circ\text{C}$  と低い年平均 7.6 m/sec (10 m 高さ) と風が強い。雪質は Hard packed snow (風成雪?) と記述されている。著者の観測地札幌よりとびやすいとは考えにくい。地ふぶき強度が著者のそれに比して 7~8 倍になっているのは地ふぶき計を設置していない、雪面から 3 cm までの層の推算に問題がある。

Дюнин の式 (3) は風速が 10 m/sec から低い所で地ふぶき強度が小さくなっているが、著者の観測値に近い値を示している。限界風速 5 m/sec は塩谷による。Мельник の式 (4) は Дюнин による引用が塩谷<sup>2)</sup>, Budd 他<sup>8)</sup> にも引用されている。(4) は Дюнин の集めたデータ<sup>9)</sup> の中でも極大に近い地ふぶき量を与える式となっている。

## V. あとがき

今後はみぞの数をふやして 10 m/sec 以上の風速の時も有用なデータをとりたい。雪質のとびやすさの細かな測定も必要と考えている。地ふぶき時の飛雪の運動の機構、地ふぶきの発生状態などあわせて観測できれば地ふぶきの様相も少しずつ解明されてくるであろう。

おわりにこの論文の校閲をして下さった気象部門の石田助教授、種々検討していただいた小島助教授に感謝します。又物理部門の山田助手にはみぞの断面測定で有益な助言をいただいた。費用の一部は科学研究費補助金 (特定研究) によった。

## 文 献

- 1) 塩谷正雄 1958 吹雪による年間吹溜量の可能性. 雪氷, **20**, 33-35.
- 2) 塩谷正雄 1967 防雪柵. 雪氷, **29**, 100-106.
- 3) 大浦浩文・小林大二 1966 地ふぶきの研究 (予報). 低温科学, 物理篇, **24**, 305-309.
- 4) Ôura, H., Ishida, T., Kobayashi, D., Kobayashi, S. and Yamada, T. 1967 Studies on blowing snow II. In Physics of Snow and Ice, Part 2 (H. Ôura ed.), Inst. Low Temp. Sci., Sapporo, 1099-1117.
- 5) 大浦浩文・小林大二・小林俊一 1967 低い地ふぶきにおける飛雪の運動. 低温科学, 物理篇, **25**, 89-97.
- 6) Ôura, H. and Kobayashi, D. 1968 A study on drifting snow. International symposium on antarctic glaciological exploration at Hanover, New Hampshire で発表. 印刷中.
- 7) 小島賢治 1969 顕微鏡による地ふぶき粒子の観測. 低温科学, 物理篇, **27**, 115-130.

- 8) Budd, W., Dingle, R. and Radok, V. 1966 The Byrd snow drift project: Outline and basic results. *Antarctic Res. Ser.*, **9**, 71-134.
- 9) Дюнин, А. К. 1963 Механика метелей. Сибирского Отделения, АН, СССР, Новосибирск, 378 pp.

### Summary

The main objective of studies on drifting snow is to estimate the drift transport against various wind speeds. Thus, many investigators have been mainly concerned with measurements of the snow drift. The majority of these workers used so-called snow drift traps and gauged drift flux at several levels. And the total drift transport was computed by integrating the drift flux with respect to height. It is, however, quite difficult to measure the actual snow drift in the layer closest to the snow surface, in spite of the fact that in this layer maximum drift is contained. This includes the danger of computing drift transport using extrapolated values for the lowest layer.

The late Dr. Ōura<sup>3,4)</sup> tried to trap most of the entire amount of drift snow directly by using wide trenches (1.8 m in width) perpendicular to the wind direction. His main aim was to observe the occurrence of snow drift from the snowfield lying between trenches. The authors used the same method and intended to measure the amount of drift snow.

Parallel trenches were dug 7 times from January to February 1969 in Sapporo, Japan. The dimensions of the trenches were 1.6-1.8 m in width, 0.6-0.8 m in depth and 10 m in length. The distance between two parallel trenches was 3 m in most cases. During a snow storm coloured water was sprayed from the windward to the trenches as time markers at an interval of 30 to 60 minutes. After the storm the amount of drift snow which was trapped during each time interval, was measured along a vertical pit wall of snow in each trench. Direct snow fall into the trenches was eliminated during measurements of sections by comparing the amount of drift in the windward trench with that in the leeward trench. The collection efficiency of trenches was nearly 100% for wind speeds lower than 6-7 m/sec and 80-90% at 10 m/sec. But no correction was made this time.

As a wind-speed instrument a cup anemometer was used at 1 m height and the wind speed was determined by the distance traveled by the wind for each interval of duration of drift. The properties of snow surface such as snow temperature, density and hardness (Kinosita's method) were also observed. The results are summarized in Table 1. As may be seen from Table 1, except on Feb. 7th, the snow surface was sufficiently soft to supply of snow drift particles (density; 0.06-0.15 g/cm<sup>3</sup>, hardness; 5-30 g/cm<sup>2</sup>). Thus the snow fall effect on the quantity of snow drift was obscured as seen in Fig. 1 (-●-; drift with no snowfall, ●; drift with snowfall). Figure 1 shows the rate of drift transport on a logarithmic scale plotted against wind speed. Near the threshold wind speed the drift rate was scattered for minor difference of snow surface condition. Thus, it is difficult to find an applicable formula to express the relation between drift transport and wind speed for a low range wind speed (4-6 m/sec at 1 m height). The authors have written a simple equation which shows the ability for transport rate.

$$Q = 0.03V^3 \quad (Q: \text{g/m}\cdot\text{sec}, V: \text{m/sec at 1 m height})$$

In Fig. 1 this equation passes along the upper limit of domain of practical drift transport rate and may be suitable for a wind speed of 5–10 m/sec. Figure 2 shows some results of other investigators for snow drifts. The authors were unable to draw firm conclusion as to the magnitude of drift against wind speed, but it seems that Budd's estimation<sup>8)</sup> is overly large at least for wind speeds lower than 10 m/sec.