



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	地心ぶきの発生と発達
Author(s)	小林, 大二; KOBAYASHI, Daiji
Citation	低温科学. 物理篇, 28, 141-146
Issue Date	1971-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/18146
Type	departmental bulletin paper
File Information	28_p141-146.pdf



地ふぶきの発生と発達*

小林大二
(低温科学研究所)
(昭和45年8月受理)

I. ま え が き

地ふぶきに関しては多くの問題があるが、今までは研究の主眼を飛雪の移動におき、一応ふたつの点を明らかにした。ひとつは地ふぶきの飛雪の移動形態が、主として saltation (跳躍運動の連続) によることである^{1),2)}。もうひとつは地ふぶき量を $Q(\text{g}/\text{m}\cdot\text{s})$ 、風速を $V(\text{m}/\text{s})$ とすると Q が

$$Q_1 = 0.03V^3 \quad (\text{但し } 5 < V < 10 \text{ m/s})$$

をこえないことである。 V は雪面上 1 m の高さの風速である。

雪面が十分にひろく、かつ雪面が場所によらずどこでも同一条件であれば、風の地ふぶき運搬能力と地ふぶき量とは平衡に達していると考えられる。いままではこの平衡状態における地ふぶきの観測を行なってきた。今回は風向に直角に掘ったみぞで地ふぶきの飛雪を捕捉し、みぞの後方に新しく発生する地ふぶきの発達の過程を観測して地ふぶきが、平衡状態に達するまでの距離を推論した。この距離を知ることは地ふぶきそれ自身のしくみの探究の手がかりになると同時に防雪柵の設置位置の選定等地ふぶきの災害を防ぐ上で重要な基礎資料となるであろう。

この仕事は 1965 年大浦・小林がはじめ、1966 年 1 月の風速 4~5 m/s の時の観測から平衡に達する距離が 20~30 m であると一応推定した。今回、その後のデータをあわせて推論した結果、30~60 m で地ふぶき量が平衡状態での値の 90% に達することを知った。

ソ連では Мельник, Дюнин³⁾ が同じ問題を研究し、深い谷の風下では、200~500 m で地ふぶき量が平衡に達すると報告している。しかしはっきりした結論を得ているわけではない。

II. 測定方法他

測定は前後 7 回行ない、6 回は北海道大学第 2 農場で、1 回は石狩河口近くの川岸で行なった。北大農場で行なった地ふぶき量の測定は、前出の論文^{1),2)}にあるような雪面に掘ったみぞを利用して行なった。まず風向に直交する長さ 10~35 m のみぞを掘り、それと平行に風下側に長さ 6~10 m のみぞをいろいろな距離に掘った。みぞの幅は 1.6~1.8 m で深さは 0.7~0.9 m であった。平衡に達している地ふぶきは、風上のみぞ A で捕捉されて消滅するから、みぞ A の風下側の縁が新たな地ふぶきの出発線となる。それ故、みぞ A の風下 x の距離にあるみぞ

* 北海道大学低温科学研究所業績 第 1084 号

第 1 表

日付	時刻	観測番号	風速	風向	気温	降雪の程度	風上のみぞの吹溜量 (A) Amount of Drift Snow (Windward Trench) g/cm	地ふぶき継続時間	地ふぶき強	みぞの間隔	風下のみぞの吹溜量 (B) Amount of Drift Snow (Leeward Trench) g/cm	吹溜量の比 B/A
Date	Hours	Run No.	Wind Speed m/sec	Wind Direction	Air Temp. °C	Snowfall		Duration min	Drift Rate g/m·s	Distance between Trenches m		Ratio (A/B)
1966. 1. 30	(0000) 0200	1	(4.5)	(WNW)	-6.5	なし	697	—	—	11	375	0.54
1968. 3. 17	1635 1705	2	(11)	NW	(-2.0)	中	(9.1)	30	—	30	(6.7)	0.75
1969. 1. 23	2100	3—1	4.9	WNW	-6	中	67	75	1.5	19.5	49	0.73
1. 24	2215	3—2	4.9			中	117	115	1.7	19.5	87	0.75
	0020	3—3	4.8			弱	33	40	1.4	19.5	24	0.72
1969. 1. 28	1605	4—1	4.9	NW	-6.2	中	41	55	1.2	18.5	26	0.63
	1710	4—2	4.7	NW	-7.0	弱	59	100	1.0	18.5	39	0.66
1970. 2. 2	1120	5—1	10.2	NW	0	中	431	100	7.2	30	361	0.84
	1300	5—2	"	"	"	"	"	"	"	15	272	0.63
1970. 2. 10	(0350) 0530	6—1	9.0	NNW NW	(-5.0)	なし	1387	100	23.1	31	956	0.69
	"	6—2	"	"	"	"	"	"	"	15	949	0.68
1970. 2. 21	2350	7—1	5.0	WNW	-4.7	中	270	70	6.4	16	157	0.58
	0120	7—2	"	"	"	"	"	"	"	16	155	0.57

Bに捕捉される雪の量を測定すれば、出発線から距離 x のあいだで新たに発生する地ふぶき量がきめられる。風上のみぞ A で捕捉された雪の量からは平衡状態に達している地ふぶき量が求められる。

石狩川の河口近くの川岸で行なった測定では、川を地ふぶき捕捉用のみぞのかわりに用いた。石狩河口は凍結していなかったので川より風上の地ふぶきは完全に川の中におち、川下の川岸から新たな地ふぶきの発生がはじまっていた。そこで川岸から風下に向けて風向にそって 10, 30, 50, 70, 90, 110 m の各位置に、口径 2.3 cm のロケット型の地ふぶき計を、口の中心の高さを 5 cm にして設置した。この測定は大浦浩文・小林大二・成瀬廉二が行なった。

観測の期日、観測番号、測定条件（風速・気温・降雪状況・みぞ間隔）を第 1 表に記載した。観測番号 2 は石狩河口での測定であり、他の 6 つは北大農場での測定である。

III. 結 果

第 1 表に風速、気温、降雪状況、風上のみぞへの吹溜量、地ふぶき継続時間、地ふぶき強度、みぞの間隔、風下のみぞの吹溜量、風上のみぞと風下のみぞの吹溜量の比等を順に示す。

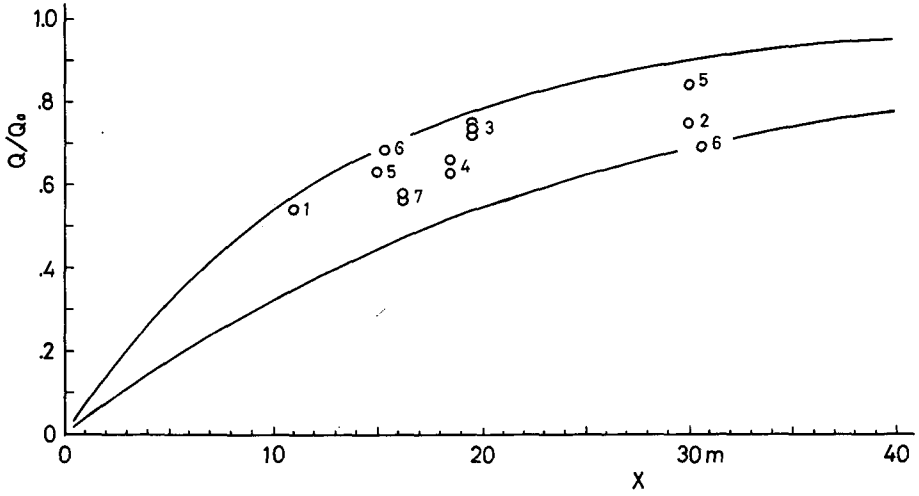
風が強くなるとみぞは地ふぶきを完全には捕捉しなくなる。つまり捕捉率が 1 より小さくなる。前出論文³⁾にあるように、風速 6~7 m/s までは捕捉率 1, 10 m/s で 0.8~0.9 と推定される。第 1 表のみぞへの吹溜量は捕捉率の補正を行っていない値である。従って No. 5, 6 のデータの吹溜量は実際の地ふぶき量の 80~90% とみられる。この捕捉もれが、風上のみぞの後方での地ふぶきの発達に及ぼす影響については IV. 章で述べる。

石狩川を風上のみぞのかわりとした No. 2 の観測では、地ふぶき計の中にたまつたふぶき量を、みぞの吹溜量のかわりに括弧に入れて記載した。この値は高さ 5 cm を中心にした直径 2.3 cm の円の中を通過したふぶき量にすぎず、地ふぶき量そのものの値ではない。しかし、地ふぶき量には比例するから、地ふぶき量の大小の比較には役に立つ。川岸から 30 m の地ふぶき計には 6.7 g のふぶき量が 30 分間にたまつた。又 70 m 点では 9.2 g, 90 m 点では 8.5 g, 110 m 点では 9.5 g のふぶき量の捕捉があつた。川岸近くの 10 m 地点と 50 m 地点の地ふぶき計は故障した。そこで 70 m より風下では、この場合地ふぶきは平衡に達していたとみなし、70 m, 90 m, 110 m の 3 点での捕捉量の平均値をとり、第 1 表の風上の吹溜量の欄に記入した。又 30 m 点での地ふぶき計で得た値を風下のみぞの欄に記入して、みぞの間隔の欄は 30 m とした。

地ふぶき継続時間は観測時間中に地ふぶきの発生していた時間である。地ふぶき強度は、吹溜量をこの時間で平均したものである。みぞの間隔は風向方向にとってある。

第 1 表の最後の欄の吹溜量の比はみぞ B の吹雪量をみぞ A の吹溜量で割った値である。前述のように、風上のみぞは、充分に発達して平衡に達している地ふぶきを捕捉しているし、風下のみぞは A, B 2 本のみぞの間で発生し、発達した地ふぶきを捕捉している。よって、この吹溜量の比をもって、2 本のみぞの間で発生発達した地ふぶき量 Q の、平衡地ふぶき量 Q_0 に対する比 Q/Q_0 とすることができる。第 1 図にこの比 Q/Q_0 と、風上と風下のみぞの間隔 x との関係を示す。測定値を表わす点につけた数字は第 1 表の観測番号である。

風上のみぞの後方、距離 x での地ふぶき量を Q とし、 Q の x による増加の割合を、平衡



第1図 地ふぶき量比 Q/Q_0 と風上のみぞからの距離 x 。
数字は観測番号(第1表に表示)を表わす

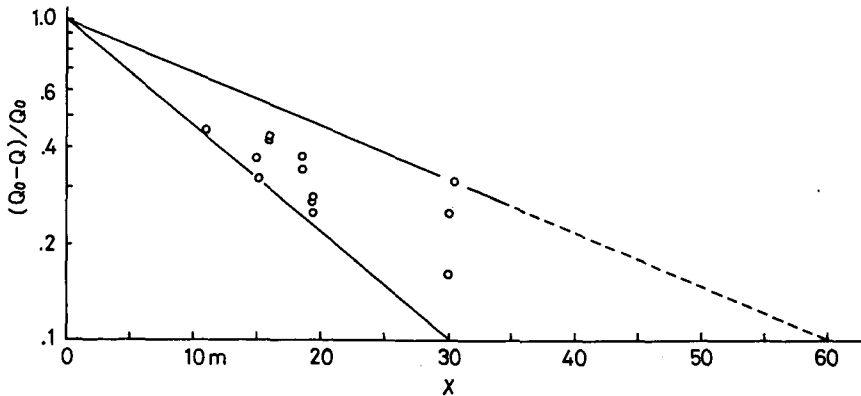
地ふぶき量 Q_0 との差に比例すると考えて次式を仮定する。

$$\frac{dQ}{dx} = \frac{1}{\alpha} (Q_0 - Q) \tag{1}$$

但し α は定数とする。 $x=0$ で $Q=0$ とおいて式(1)を解くと

$$Q = Q_0(1 - e^{-\frac{x}{\alpha}}) \tag{2}$$

となる。 α は Q/Q_0 が $(1-1/e)$, つまり 0.63 に達する距離 x をあらわす。縦軸に $(Q_0-Q)/Q_0$ の対数, 横軸にみぞ AB 間の距離 x をとって, 第1図をかき直したのが第2図である。2本の直線は(2)式をみたす直線である。観測値をあらわす点はこの2本の直線の間にあるから, この直線の傾きから α が 13 m ないし 26 m であることがわかる。又, $(Q_0-Q)/Q_0$ が 0.1 になる時の x の値は 30 m から 60 m の間になる。つまり地ふぶき量が, 平衡地ふぶき量の 90% に達



第2図 地ふぶき量比 $(Q_0-Q)/Q_0$ と風上のみぞからの距離 x 。
第2図を書き直したもの

するには、30 m から 60 m の距離があればよいことがわかる。第 1 図にも第 2 図で引いた 2 本の線を記入した。

石狩河口で得たデータも 70 m で地ふぶきが平衡状態に達することを示している。

IV. あとがき

風速 6~7 m/s 以下の時は、降雪又は風上からの飛雪がないと、地ふぶきは発生しにくい。この事は地ふぶきの研究に携わった者なら誰でも経験する事である。今回の観測では降雪のあった場合が多く、地ふぶきの発生しやすい条件にあった。従って平衡に達する距離が短か目になっている可能性がある。

風の強い No. 5, 6 の観測においては、風上のみぞを越えた飛雪が、みぞの後方で地ふぶきの発生をうながしたであろう。しかしながら、風上のみぞでの捕捉もれが 20% あったとしても、地ふぶきの発達の距離は、風上のみぞの捕捉もれのない場合に比べて、平衡地ふぶき量の 90% に達する距離は、式 (2) に従えば、10% 弱縮むだけである。このことは第 1 図で $Q/Q_0 = 0.2$ の時の x の値が、2 本の曲線でそれぞれ 3 m, 6 m を越えていないことからわかる。

地ふぶきが平衡に達する距離と風速との関係は、今回の測定結果では明らかにならなかった。

おわりにこの論文を校閲し、種々論議して下さった吉田順五教授、石田完教授、小島賢治教授に感謝する。費用の一部は文部省科学研究費補助金 (特定研究) によった。

文 献

- 1) 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.
- 2) Ôura, H. and Kobayashi, D. 1968 A study on drifting snow. *In* International Symposium on Antarctic Glaciological Exploration at Hanover, New Hampshire. 303-308.
- 3) 小林大二・小林俊一・石川信敬 1969 みぞによる地ふぶき量の測定。低温科学, 物理篇, **27**, 99-106.
- 4) 大浦浩文・大林大二 1966 地ふぶきの研究 (予報)。低温科学, 物理篇, **24**, 305-309.
- 5) 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.
- 6) Дюнин, А. К. 1963 Механика метелей. Сибирского Отделения, АН, СССР, Новосибирск, 378 pp.

Summary

In a snow field which has a sufficient space for the development of drifting snow, the transporting capacity of wind will be saturated. In such a case, the state of drifting snow is called stationary. The author has been mainly concerned with measurement of snow transport in a stationary state and has shown that the snow transport mechanism consists mainly of the so-called "saltation" and has also set forth a simple equation for the transport ability of wind

$$Q = 0.03V^3$$

where Q is the rate of drift transport in $\text{g/m}\cdot\text{s}$ and V is the wind speed in m/s at a height of 1 m above the snow surface.

This paper describes the generation of drifting snow and the process of its development, mainly the growth length which is required for development of a stationary state. To investigate this problem the author adopted the late Dr. Ôura's method as follows. Two parallel trenches, perpendicular to the prevailing wind direction, were dug in a snow field. The length of the trench was 10~35 m. The distances between the trenches were 10~30 m in the wind direction. The windward trenches catch the snow drift Q_0 in a stationary state and the leeward trenches catch the snow drift Q generated in the snowfield behind the windward trench.

Ôura and the author initiated their studies of this problem in 1965 and indicated their tentative results in 1966 in which the growth length for the development of a stationary drifting state was only 20~30 m at a wind speed of 4~5 m/s . Thereafter some data have been compiled and the results are summarized in Table 1. The growth rate of drifting snow dQ/dx may be proportional to the difference (Q_0-Q) ;

$$\frac{dQ}{dx} = \frac{1}{\alpha} (Q_0 - Q) \quad (1)$$

where $1/\alpha$ is a constant of proportionality. Integration of equation (1) under the boundary condition $Q=0$ for $x=0$ gives

$$Q = Q_0(1 - e^{-\frac{x}{\alpha}}) \quad (2)$$

To determine the values of constant α , the values of $(Q_0-Q)/Q_0$ are plotted against x in Fig. 2 using the same data in Fig. 1. It is evident that value α ranges from 13 m to 26 m from the slopes of the straight lines in Fig. 2 covering the observed data. This means that the growth length required for drifting snow to develop to 90% of the snow transport capacity of wind is 30~60 m.