



Title	南極昭和基地対岸の大陸沿岸部における地ふぶき量の測定
Author(s)	成瀬, 廉二; NARUSE, Renji
Citation	低温科学. 物理篇, 28, 147-154
Issue Date	1971-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/18147
Type	departmental bulletin paper
File Information	28_p147-154.pdf



南極昭和基地対岸の大陸沿岸部における 地ふぶき量の測定*

成瀬 廉二
(低温科学研究所)
(昭和45年8月受理)

I. ま え が き

南極大陸の沿岸地域では、一年中常に katabatic wind (斜面下降風) と呼ばれる強い風が吹いている。内陸高地に降り積もった雪の一部は、この風によって大陸周辺部や海洋にまで運ばれる。このような地ふぶきによる雪の輸送量は、南極大陸氷床の水収支の各要素の中で大きな割合を占めていると考えられる。しかし、南極における地ふぶき量の測定資料が少ないこともあって、水収支の計算に地ふぶき量を含めないことも多い**。

地ふぶき量の測定には、地ふぶき捕捉装置を使用する方法 (例えば, Budd¹⁾ など) と、みぞに吹き溜まる雪の量を測定する方法 (例えば, 大浦²⁾ など) がある。単位時間に、風向に直角な単位幅を通過する地ふぶき輸送量を求める場合には、後者の方法が有効である。しかし、南極のような硬い雪面に規模の大きなみぞを掘ることは、労力の点で容易ではない。

筆者は、1969年8月、南極大陸の沿岸部において、二種類のサイクロン型地ふぶき計により地ふぶき量の測定をおこない、南極 Byrd 基地¹⁾、および札幌³⁾ の測定結果と比較検討した。

II. 方 法

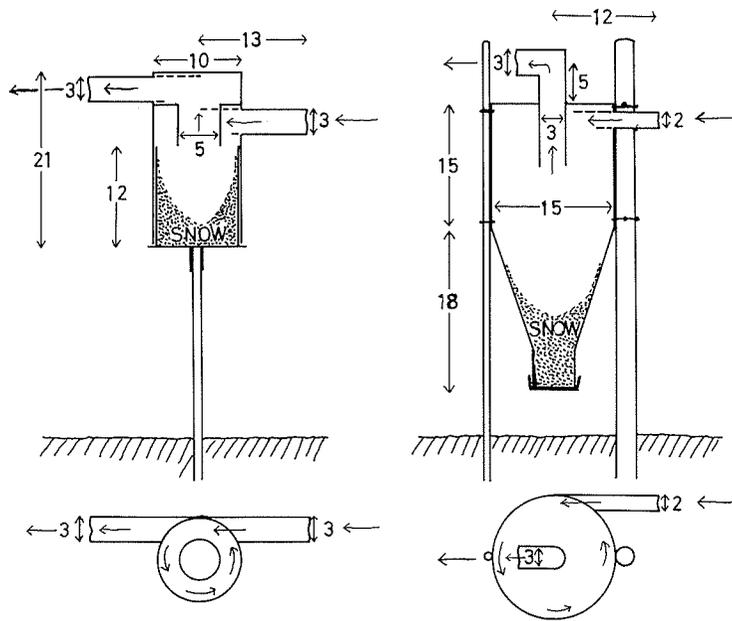
1. 観測地点

観測をおこなった場所は、昭和基地の対岸上陸点から内陸へ約 12 km はいった、通称「F 16」地点で、南緯 69 度 02 分、東経 40 度 01 分、海拔高度 520 m である。「F 16」から海岸寄りの地帯は、表面に氷が露出している部分が多い比較的急な斜面である。一方、「F 16」から内陸中央部方面は、ゆるやかな起伏とともに徐々に高度を増している。「F 16」は、夏期には多少の融雪が認められるが、年間を通じては、水に換算して 10~20 cm の積雪量がある。

地ふぶき計を設置した場所は、sastrugi, snow dunes の少ない、比較的平坦な雪面である。よく wind pack された硬い雪面の上に、ところどころ風向に平行に、うすく新雪の積もった帯が縞状に走っていた。硬雪面の硬度は 7~40 kg/cm²、表面密度は約 0.4 g/cm³ であった。

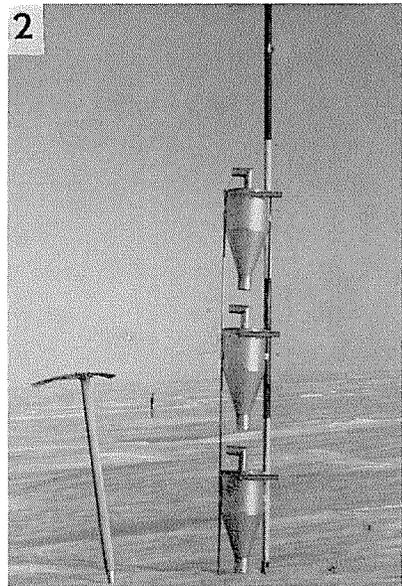
* 北海道大学低温科学研究所業績 第 1092 号

** 雪尺法または層位学的法によって求められた年間積雪量は、一般には次式のように、収支の積雪量を表わしている。(積雪量)=(降雪量)-(融雪・蒸発量)±(地ふぶき輸送量)



Cyclone-No.1 Type Cyclone-No.2 Type
DIMENSIONS IN CENTIMETRES

第1図 サイクロン型地ふき計の内部構造



第2図 サイクロン型地ふき計による測定光景

1. サイクロン No.1 型地ふき計
2. サイクロン No.2 型地ふき計

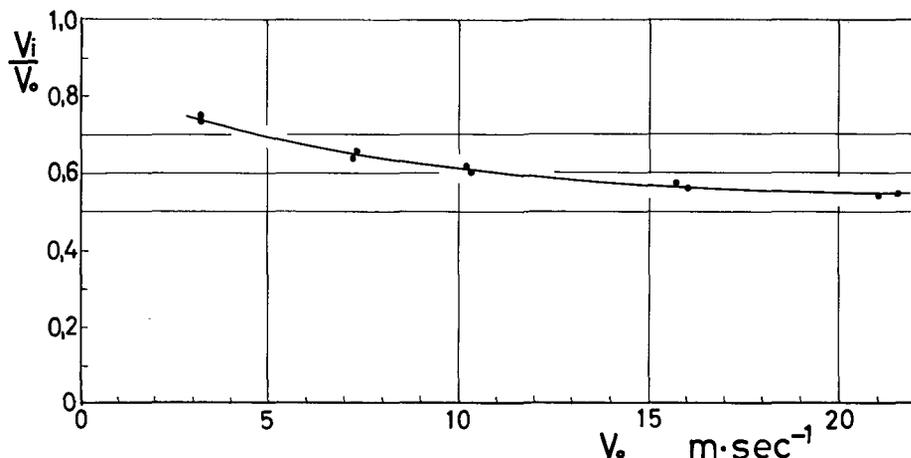
2. サイクロン型地ふぶき計

使用した二種類のサイクロン型地ふぶき計の内部構造を、第1図に示す。サイクロン No. 1型, No. 2型の入口の内径はそれぞれ 3 cm, 2 cm で、内部構造はほぼ同様である。雪粒を含んだ空気は、容器内部に壁の切線方向から入り、内壁に沿って回転する間に遠心力により雪粒分離して、空気だけが上部出口から出る。容器内部の風速を小さくして、重力により雪粒を降下させる Rocket 型地ふぶき計に比べ、分離の効果は良い。

地ふぶき計の設置光景を第2図に示す。サイクロン No. 1型は、雪面上 15 cm, 33 cm, 62 cm, サイクロン No. 2型は、33 cm, 80 cm, 130 cm にそれぞれ入口の高さを合わせて設置した。

3. 捕捉率

地ふぶき計の捕捉率を正確に求めることは非常に難しいが、空気に対する捕捉率が雪粒に対する捕捉率に等しいと仮定すれば、風洞において検定が可能である。風洞の中心風速を V_0 m/sec, 地ふぶき計の入口内の風速を V_i m/sec とすると、 V_i/V_0 が空気に対する捕捉率を表わす。サイクロン No. 1型について、 V_i/V_0 と V_0 との関係を第3図に示す。この結果から、風速 5~15 m/sec における V_i/V_0 の平均値 0.6 を、サイクロン No. 1型および No. 2型の捕捉率として測定結果を補正した。



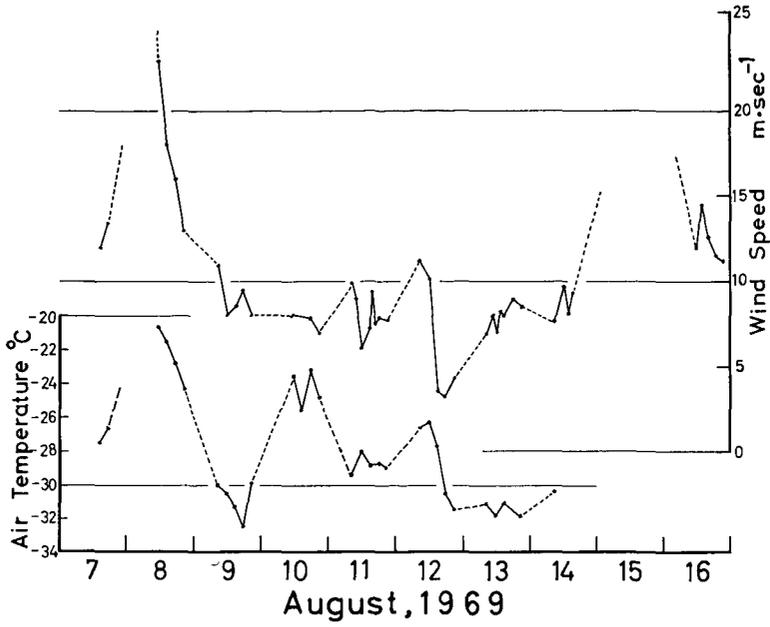
第3図 サイクロン型地ふぶき計の空気に対する捕捉率の試験結果
 V_0 : 風洞の中心風速, V_i : サイクロン型地ふぶき計の入口内の風速

III. 結 果

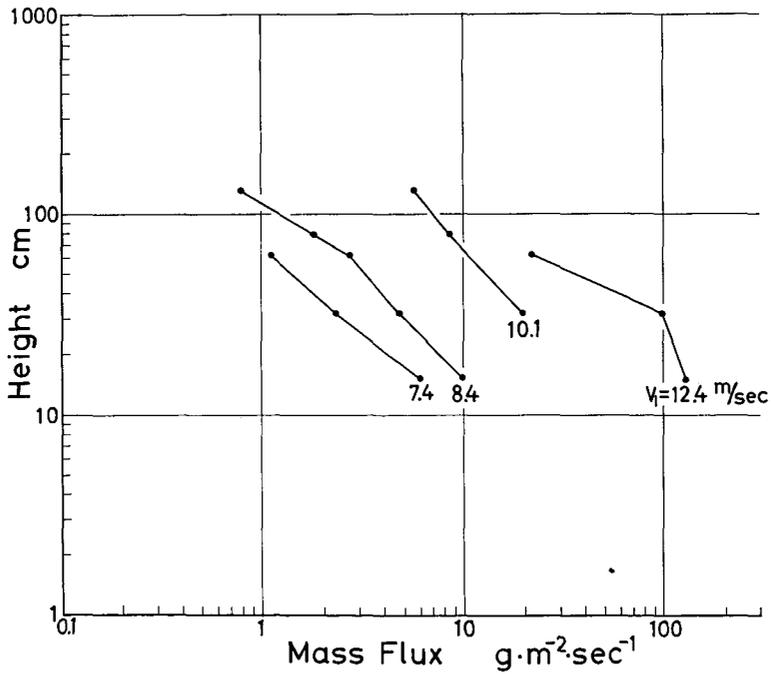
1. 気象要素

観測期間中の気温および風速の測定結果を第4図に示す。気温はアスマン湿度計、風速はハンドアネモメーターにより、いずれも雪面上 2 m の高さにおいて測定した。8月7日夕から8日夕にかけて、および14日夕から16日朝にかけて、降雪を伴った強いブリザードに見舞われているが、観測期間前後で積雪深の増減は認められなかった。

風速が 5 m/sec 以下のときでも、雪面をほうような非常に低い地ふぶきが生じていること

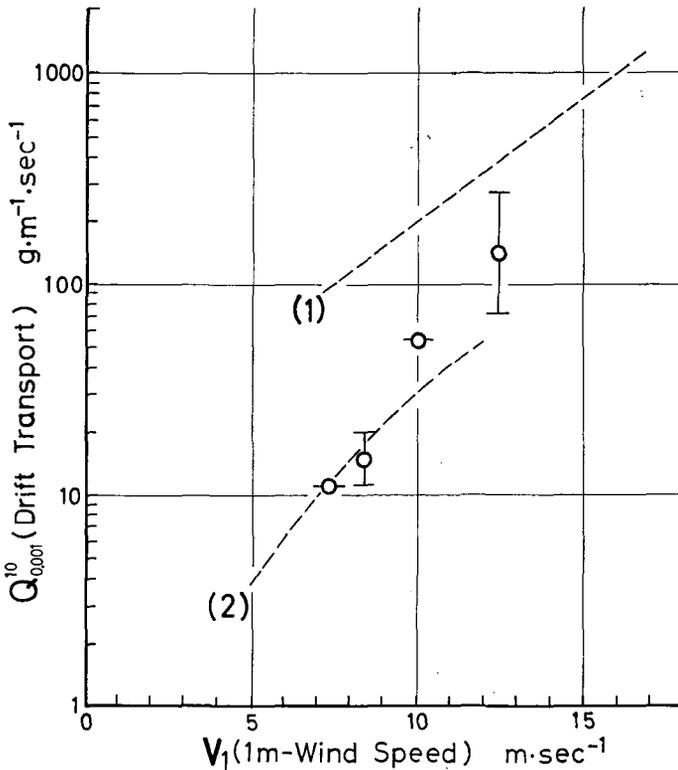


第4図 気温と風速の観測結果



第5図 風向に直角な単位面積を単位時間に通過する雪の量の垂直分布

図中の添字は雪面上1mの高さにおける地ふぶき測定中の平均風速



第6図 地ふぶき輸送量と風速の関係

地ふぶき輸送量 $Q_{0.001}^{10}$ は、雪面上高さ 0.001 m から 10 m までの範囲内について、Mass Flux を積分して求められたものである

もあったが、おおむね風速 7~8 m/sec で 30 cm 以下の低い地ふぶき、8 m/sec 以上で 2 m 以上の高い地ふぶきとなるが多かった。

2. 地ふぶき輸送量

地ふぶき計を設置後、条件に応じて 15 分ないし 2 時間の時間間隔をおいて、容器内に溜まった雪をとり出しその重量を測定した。単位時間に、風向に直角な単位面積を通過した雪の量 (Mass Flux) の垂直分布を第 5 図に示す。図中、平均風速 7.4, 8.4, 10.1 m/sec の 3 本の折れ線はそれぞれ 2 回の地ふぶき測定の平均、風速 12.4 m/sec は 1 回の測定である。風速については、風速が対数分布に従っていると仮定し (雪面粗度を 0.05 cm とする)、雪面上 2 m の高さにおける測定値を 1 m の高さに換算した。

それぞれの風速における Mass Flux (g/m²·sec) を高さに関して適当な範囲内で積分すれば、単位時間に、風向に直角な単位幅を通過する地ふぶき輸送量 (g/m·sec) を求めることができる。実際に地ふぶき量を測定した時の地ふぶき高度は、おおむね数 m 以下であったことから、高さの上限を 10 m とする。一方、高さの下限は、雪面の凹凸を考慮して 1 mm とする。第 5 図の 4 本の折れ線または直線を、高さ 1 mm から 10 m まで外捜し、その範囲内で積分して求めた地ふぶき輸送量と、雪面上 1 m の風速との関係を、他地域の測定結果と合わせて第 6 図に

示す。図中、地ふぶき輸送量について大きな幅を示しているのは、第5図の折れ線の外捜方法の違いによって生じたものである。

(1)は、Budd 等¹⁾が南極 Byrd 基地における測定結果から、経験的に地ふぶき輸送量 Q を

$$\log Q = 1.15 + 0.115V_1$$

(但し、 V_1 は雪面上 1 m の高さにおける風速)

と表わした直線である。(2)は小林等³⁾が札幌において、みぞによる地ふぶき量測定結果から、ある風速における Q の上限として、

$$Q = 0.03V_1^3$$

と表わした直線である。

Budd と小林の結果とでは、 Q について大きな差があり、小林の結果は Budd のおよそ 1/10 となっている。筆者の測定結果は、低い風速 (7~10 m/sec) のときはほぼ小林の結果に近く、高い風速 (約 12 m/sec) のときは小林と Budd の結果の中間の値を示した。Budd は Mellor 型地ふぶき計によって求められた Mass Flux を、雪面上高さ 1 mm から 300 m の間の層について地ふぶき輸送量を計算した。

IV. あとがき

南極大陸沿岸地域において、冬期、サイクロン型地ふぶき計を使用して地ふぶき量の測定を行なった。得られたデータから地ふぶき輸送量を算出し、Byrd 基地、札幌の結果と比較した。筆者の測定数が少ないため、Byrd 基地と札幌の結果の大きな相違が、雪粒や雪面状況などの地域的、気象的な違いによるものか、あるいは地ふぶき量測定方法の違いによるものかを明らかにすることはできなかった。南極大陸内陸部に降る雪のうち、どの程度の割合が地ふぶきによって運び去られているかを解明するためには、今後さらに種々の条件のもとにおける観測例を増さなければならない。そのため、簡便かつ精度の高い地ふぶき計の開発が待たれる次第である。

南極大陸「F 16」において観測をおこなうにあたり、楠宏隊長ほか第 10 次南極地域観測隊の隊員諸氏から多くの御配慮、御支援をいただいた。特に、鈴木剛彦隊員、酒井重典隊員、近藤五郎隊員、上田豊隊員からは、観測にあたって多くの協力を得た。北大低温科学研究所小林俊一助手には、サイクロン型地ふぶき計の試作、ならびに風洞における捕捉率の検定をしていただいた。本報告をまとめるにあたっては、石田完教授、小島賢治教授、小林大二助手ほか低温科学研究所地ふぶき研究グループの諸氏から、多くの有益な御助言をいただいた。また本観測を計画する際には、故大浦浩文教授から適切なる示唆を得た。以上の方々に、厚く感謝の意を表します。

文 献

- 1) Budd, W., Dingle, R. and Radok, V. 1966 The Byrd snow drift project: Outline and basic results. *Antarctic Res. Ser.*, **9**, 71-134.

- 2) 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.
- 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.

Summary

Snow-drift measurements using snow-traps were carried out in August 1969, on the coastal region of the Antarctic continent, near Syowa Station. From the vertical distribution of drift flux obtained by the snow-traps, the total drift snow transport at various wind speeds was calculated and compared with that of Byrd Station (Budd, W.¹⁾) and of Sapporo (Kobayashi, D.³⁾).

Measurements of drifting snow and some meteorological elements were made on a snow field (69°02'S, 40°01'E) with a gentle slope, which was 12 km inland from the coast and at a 520 m elevation above the sea level. The snow surface of this site was hard wind-packed (surface hardness of 7~40 kg/cm², surface density of 0.41 g/cm³), the site had few sastrugi or snow dunes. The annual net accumulation of snow in this region is 10~20 cm of water.

A new type of the drift collector called Cyclone type is illustrated in Fig. 1 in detail. The inlet diameters of Cyclone-No. 1 type and No. 2 type are 3 cm and 2 cm respectively. The snow particles, which enter a small inlet of the collector with the air, are removed from the air stream while rotating in the drum box and then the snow-free air passes out through an outlet. For the Cyclone-No. 1 type drift collector, a test of collection efficiency was made in a wind tunnel. The wind speed in the inlet tube, V_1 and at the center of the wind tunnel, V_0 were measured by hot wire anemometers for a range of wind speed of 3~21 m/sec. The aerodynamic efficiency, V_1/V_0 plotted against V_0 is shown in Fig. 3. The ratio V_1/V_0 varies from 0.7 at 5 m/sec to 0.55 at 20 m/sec. From this test, the corresponding collection efficiency was determined to be 0.6 for a wind speed of 10 m/sec or thereabouts and the drift flux measured by this collector was corrected. The Cyclone-No. 1 type and No. 2 type drift collector were mounted at heights of 15 cm, 33 cm, 62 cm and 33 cm, 80 cm, 130 cm from the snow surface respectively (see Fig. 2). After operating the collectors for intervals of 15 min.~2 hrs., the snow deposit in the drum box was weighed.

Wind speeds and air temperatures measured at a 2 m level during the drift measurement are shown in Fig. 4.

The actual drift measurements by the drift collector give the "Mass Flux" F_z defined by $F_z = N_z V_z$ (g/m²-sec), where N_z stands for the drift snow concentration in a unit volume ("Drift Density"), and V_z is the wind speed at a level Z . Vertical profiles of F_z on logarithmic scales at various wind speeds are shown in Fig. 5. Integration of F_z over a suitable height range gives the total "Drift Transport" Q (g/m-sec) in a unit time through a vertical surface of a unit width perpendicular to the wind direction.

During the drift measurement, the upper boundary of drifting snow was observed to be under 10 m above the snow surface. The lower boundary can be considered to be near the roughness height of the snow surface. Hence, the height range was chosen

from 10 m to 0.001 m. Extrapolating the four profile lines of the Mass Flux in Fig. 5 to the height limits of 10 m and 0.001 m, the Drift Transport $Q_{0.001}^0$ was calculated for each wind speed. Results of the calculations are shown in Fig. 6 with those of other investigators. In Fig. 6, a straight line (1) shows the empirical relation between the Drift Transport and wind speed derived from the measurements with the drift traps in Byrd Station, Antarctica by Budd and others. A curve line (2) shows the maximum values of the drift transports at various wind speeds obtained from the measurements with the trench method in Sapporo, by Kobayashi and others. The results of the author are in good agreement with those of Kobayashi in a moderate wind (7~10 m/sec at 1 m level) and the value falls between Kobayashi's and Budd's in a strong wind (about 12 m/sec).