

飛雪流量の計測方法について

雪氷チーム

1. 吹雪の運動形態

一般に、雪粒子が風によって空中を運ばれる現象のことを“吹雪”と呼ぶ。吹雪の運動形態は、図-1のように「転動」、「跳躍」、「浮遊」の3つに分類される。それぞれ、転動は雪面上を雪粒子が転がる運動、跳躍は雪粒子が雪面上を飛び跳ねる運動、浮遊は雪粒子が空中を舞う運動である。

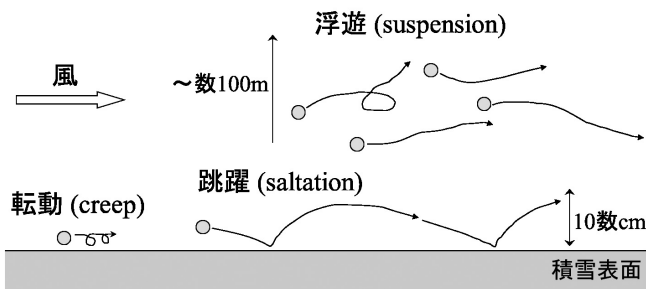


図-1 吹雪の運動形態(転動・跳躍・浮遊)

2. 吹雪量について

吹雪対策計画や対策施設の設計値を決定するうえで、“吹雪量”は必要不可欠な物理量である。吹雪量とは吹雪の激しさを示す指標の1つであり、『新版雪氷辞典』¹⁾によると、「風向に直交する単位幅を単位時間に通過する雪の総量(単位は kg/m/s)」と定義されている。図-2に、吹雪量のイメージを記す。

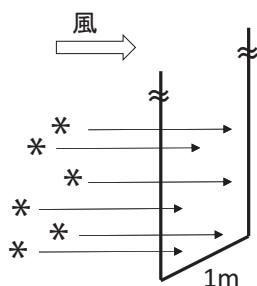


図-2 吹雪量のイメージ

吹雪量は風向に直交する単位幅を単位時間に通過する雪の総量のこと

吹雪量を実測することは困難であるため、古くから多くの研究者によって吹雪量を算定するための経験式(風速の関数)が示されてきた^{2)~6)}など。しかしながら、吹雪の発生条件が複雑であること、またその計測方法が研究者によって異なるなどの理由により、一義的な経験式は示されていない。

雪氷チームでは、より正確な吹雪量を算出するための経験式を作成することを目指し、飛雪流量計測を実施している。飛雪流量とは、風向に直交する単位面積を単位時間に通過する吹雪粒子の質量(単位は kg/m²/s)のことであり、この飛雪流量を鉛直方向に積分したものが、吹雪量に相当する。そこで本稿では、雪氷チームが実施している飛雪流量の計測方法について紹介する。

3. 飛雪流量の計測方法

飛雪流量の測定は人力観測と自動観測に大別される。前者は手作業で雪粒子を捕捉し、質量計測を行うもの、後者は光学センサー等を用いて間接的に計測するものである。

3. 1 人力観測

飛雪流量の人力観測には、図-3に示す筒型ネット式吹雪計および図-4に示すタンス型ネット式吹雪計を使用している。

筒型ネット式吹雪計は、直径約0.1mの円筒の片側にネットの袋(網目サイズは約100 μm)が取り付けられたものである。これを図-3に示すように高さ別に複数個設置することにより、飛雪流量の鉛直分布を計測する。なお、図に示す設置高度はそれぞれ0.1、0.3、0.5、1.0、2.0m(開口部中心)である。

タンス型ネット式吹雪計も筒型のものと同様であり、開口している直方体の両側面の片側にネットの袋が取り付けられたものである。これらを図-4に示すように積み重ねることで、雪面近傍における吹雪粒子を捕捉することができる。図に示す設置高度はそれぞれ0.01、0.05、0.07、0.1m(開口部中心)である。

いずれの吹雪計を使用する場合にも、計測中に開口部が主風向に対して直交していることが重要である。また、ネットの目詰まりによる捕捉率の低下や、吹雪粒子の昇華の影響を抑えるため、計測時間は10～15分程度が望ましい。



図-3 筒型ネット式吹雪計



図-4 タンス型ネット式吹雪計

3. 2 自動観測

飛雪流量の自動観測には、図-5に示す Snow Particle Counter (以下、SPC)を使用している。SPCは、非接触で光学的に吹雪粒子を計測する機器である⁷⁾。SPC センサー部分の詳細を図-6に示す。

図-6投光部から広帯域の近赤外光が受光部に向けて照射されており、その範囲内(2mm×25mm×0.5mm)が計測可能エリアである。このエリアを吹雪粒子が通過すると、それに応じて受光部に到達する光量が減衰する。吹雪粒子が全て球体であるとの仮定のもと、光量の減衰量および減衰回数から、1秒間にエリアを通過した雪粒子の粒径および個数がカウントさ

れ、飛雪流量が算出される。なお、SPCが検知可能な粒径は0.05mm～0.5mmであり、粒径に応じて32もしくは64ステップに選別される(SPCの型式によってステップ数が異なる)。なお、SPCには風向舵が取り付けられているため、センサー部分が常時風向に直交する。

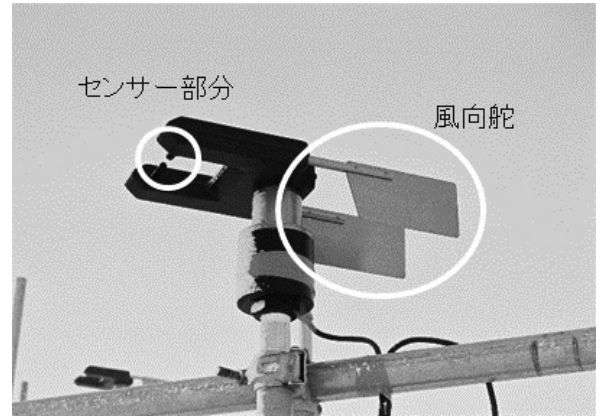


図-5 Snow Particle Counter (SPC)

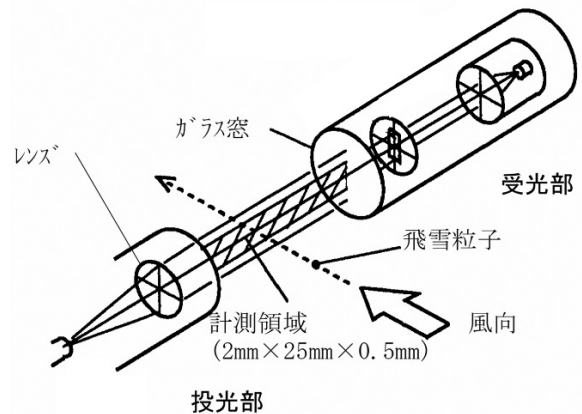


図-6 SPC センサー部分詳細

4. まとめ

本稿では、現在雪氷チームで実施している飛雪流量観測方法について紹介した。

吹雪量は、吹雪対策を実施するうえで重要な指標であり、より精度の高い値を算出することが求められる。雪氷チームでは、石狩吹雪実験場および弟子屈吹雪観測サイトにおいて、人力による飛雪流量観測や各種気象観測のほか、SPCを鉛直方向に多点に設置し、飛雪流量の自動連続観測を実施している。弟子屈吹雪観測サイトに設置中の気象観測機器および吹雪観測タワーの様子を図-7に記す。これらの研究成果については、今後報告する予定である。

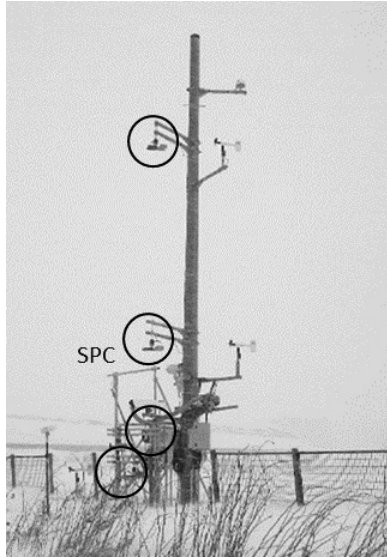


図-7 多高度点 SPC による飛雪流量観測
(弟子屈吹雪観測サイト)

SPC による飛雪流量観測のほか、風向風速計、
温湿度計、視程計、日射計、CCTV カメラ等
による気象観測を実施している

(文責：大宮 哲)

参考文献

- 1) 日本雪氷学会、新版雪氷辞典、pp.190、古今書院、2014.
- 2) Budd W. F., Dingle W. R. and Radok, U : The Byrd snow drift project : outline and basic results. *Studies in Antarctic Meteorology*, American Geophysical Union. *Antarctic Research Series*, 9, 71-134, 1966.
- 3) 小林大二、小林俊一・石川信敬：みぞによる地吹雪量の測定、*低温科学・物理編*、27、pp.99-106、1970.
- 4) Takeuchi M : Vertical Profile and Horizontal Increase of Drift-Snow Transport, *Journal of Glaciology*, 26, pp.481-492, 1980.
- 5) Takahashi S., R. Naruse., M. Nakawo and S. Mae : A bare ice field in east Queen Maud Land, Antarctica, caused by horizontal divergence of drifting snow, *Annals of Glaciology*, **11**, 156-160, 1988.
- 6) 松澤勝、金子学、伊東靖彦、上田真代、武知洋太：風速と吹雪量の経験式の適用に関する一考察、*寒地技術論文報告集*、26、pp.45-48、2010.
- 7) Schmidt, R. A : A system that measures flowing snow, USDA, *Forest Service Research Paper*, RM-194, 1977.