

# 粒径と落下速度の観測値を用いた降雪強度の推定法

小西啓之<sup>1</sup>, 平沢尚彦<sup>2</sup>, 石坂雅昭<sup>3</sup>, 亀田貴雄<sup>4</sup>

<sup>1</sup> 大阪教育大

<sup>2</sup> 国立極地研究所

<sup>3</sup> 防災科研長岡

<sup>4</sup> 北見工大

## Estimation of snowfall intensity by using the data of snow particle diameter and fall speed.

Hiroyuki Konishi<sup>1</sup>, Naohiko Hirasawa<sup>2</sup>, Masaaki Ishizaka<sup>3</sup>, Takao Kameda<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Osaka Kyoiku University

<sup>2</sup> NIPR

<sup>3</sup> Snow and Ice Research Center, NIED

<sup>4</sup> Kitami Institute of Technology

It is difficult to measure the snowfall intensity exactly. A new method to obtain the snowfall intensity is tested for weak snowfall at Kitami, Hokkaido. The mass of each snow particle was calculated from a function of diameter and fall speed, which were measured by optical didrometer. The snowfall intensity was calculated from the total mass of snow particles for each minute and good agreement with the intensity measured directly by electric balance.

### 1. はじめに

粒径と落下速度を測定する光学式降水量計を用いて、正確に降雪量を見積もる方法について、ここ数年検討を行っている。光学式降水量計は、古典的な直接雪を受けて測定する方法（降雪粒子を受雪部で加熱し融解水量として測定する方法や、受雪した雪の質量変化を電子天秤で測定し降雪量に換算する方法）に比べ、雪の融解時の蒸発や再凍結の問題がなく、また、動作部分がないので安定した観測ができる利点がある一方、球状の降雨粒子に比べ形状が複雑な降雪粒子を測定する場合、遮光した光束の幅だけから粒子の大きさを仮定する不確かさがあること、また降雪粒子の密度も一定でなく誤差を生む原因でなるといった弱点がある。

しかし、これまで行った新潟県長岡で行った暖地降雪の場合、光学式降水量計で測定した粒径と落下速度を用いて、各粒径と落下速度毎にこれまで観測された経験式を使って各粒子の密度を仮定し、計測された各粒子の質量を求め、その総和から降水量を求めると、実測した降水量とかなり良い一致が見られることが分かった。雪片やあられなどの固体降雪粒子だけでなく、融解過程の降雪粒子であるみぞれ粒子も、この方法で、降水量が正確に見積もることができると分かった。

今回は、より小さい降雪粒子が主となる降雪の降水量を正しく見積もるために、北海道北見で光学式降水量計を用いた観測を行い、降雪量の見積もり方法の比較検討を行った。樹枝状結晶からなる大きな雪片ではなく、多結晶雪結晶などからなる小さな雪片の降雪に対する降水量計の特性を調べた。

### 2. 観測

北見工業大学の中庭に、降雪量計や降雪粒子観測器を6種設置し、相互比較を行った。中庭は1辺約30mほどで、1階建ての建物によって囲まれているので弱風の場合は、あまり影響を受けないが、強風になると屋根などから地吹雪粒子が舞いあがり、降雪と地吹雪の粒子の判別ができないので、そのような場合のデータは解析には用いなかった。

粒径と落下速度を観測する光学式降水量計として光学式粒径測定器（Senecom社SE-LP5411）を使用した。この測器は、投受光部間の水平な光束を降雪粒子が横切った際の電圧変化から、粒径（0.2~8.5mm）を22段階に、落下速度（0~10m/s）を20段階に計測し、計440（22x20）クラス毎の降水粒子個数を1分間隔で集計している。昨年までの観測で、この440の各クラス毎に粒子の質量を仮定し、粒子数との積の総和として降雪量を求めると直接測定した降雪量とかなりよく一致し、各クラスの質量の決定がよりよい降雪量推定に重要であることが分かった。各クラスの質量は、雨、あられ、雪片についてこれまで観測された粒径と質量の関係、および、粒径と落下速度の関係を文献から調べ、内挿あるいは外挿して全クラスの粒子の質量を補間して求めた。

### 3. 結果

まず、光学式降水量計から見積もった間接方式の降水量と天秤法で測定した直接方式の降水量の比較を図1に示す。(a)は、1月24日(-2~-4℃)11時間、(b)は、2月18日(-1~-2℃)10時間の観測例で、5分平均の降水強度の比較である。降雪強度は1mm/hrを超えない程度の弱い降水であるが、回帰直線の傾きはそれぞれ1.13と0.93、

相関係数は 0.91 と 0.95 であり、弱い降雪でも見積もった降水量は実測値とほぼ一致することがわかった。長岡の暖地降雪でも光学式降雪量計で見積もった量は、実測値とよく一致していたが、降雪強度は 10mm/hr を超えるような強い降水も多く含まれていた。

次に光学式雨量計で測定した降雪粒子の粒径と落下速度の関係を示す。図 2 の(a)(b)は、図 1 と同じ 2011 年 1 月 24 日と 2 月 18 日の北見の観測例である。比較のため(c)に長岡の地上気温 $-3 \sim -4^{\circ}\text{C}$ の時の例も示した。図 2 の色の濃淡は、各ビン毎の個数を相対的に示したもので、またその個数も粒子の質量の重みを付けて平均した個数で表している。これは降雪粒子の粒径分布は一般に小さい粒子が圧倒的に多いので単純な平均では、小さい粒子の個数に引きずられ事例毎の差が表れにくいので、差がよくわかるように質量の重みをつけた平均を使用した。

図 2(a)(b)の北見の観測例では、降雪量に寄与する粒径は、0.6mm 程度の小粒子と 2~3mm の粒子の 2 つのモードがあることが分かる。(a)の例のほうが 2 つのモードが顕著であるが、5mm 以上の大きな粒子はほとんど寄与してなく、相対的に小さい粒子の降雪であったことが分かる。一方、(b)の例では(a)に比べ、大きい粒子が多いことが分かる。図 1 で示したように、回帰直線の傾きが 2 例でわずかに異なり、光学式降雪量計から見積もった降水量は、(a)の例では実際より少なく、(b)の例では多くなっていたが、図 2 の(a)(b)からその差は大きい粒子の質量の見積もりの差によるものと考えられる。一方、図 2 の(c)で示したように、長岡での観測例では、2~5mm の大きい粒子の寄与率が大きく、長岡に比べ北見は、雪片が小さいことが分かる。

次に地上気温が  $-5^{\circ}\text{C}$  以下の低温の場合の 5 分間の平均粒径と平均落下速度の関係を図 3 に示した。この図で示した平均も各ビンの質量の重み付き平均である。地上気温が  $-5^{\circ}\text{C}$  以下の降雪では、平均粒径は 0.4mm から 2.3mm と小さい場合が多く、平均落下速度はほとんど変わらず 1m/sec ほどであった。粒径は長岡の暖地降雪の例に比べ小さく、雪片がより小さいことがわかる。

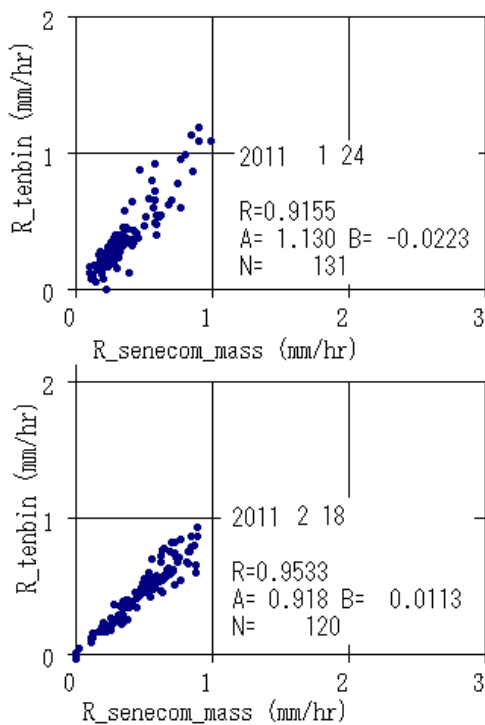


図1. 光学式降雪量計と天秤式降雪量計から求めた 5 分平均降雪強度の比較。R: 相関係数、A: 回帰直線の傾き、B: 回帰直線の y 軸切片、N: 観測個数

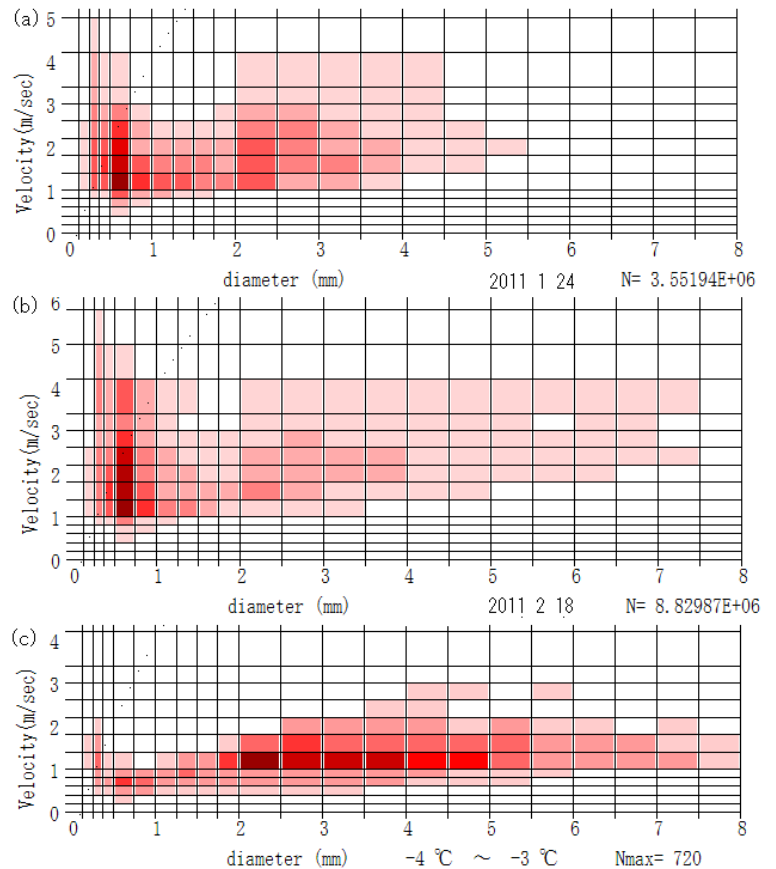
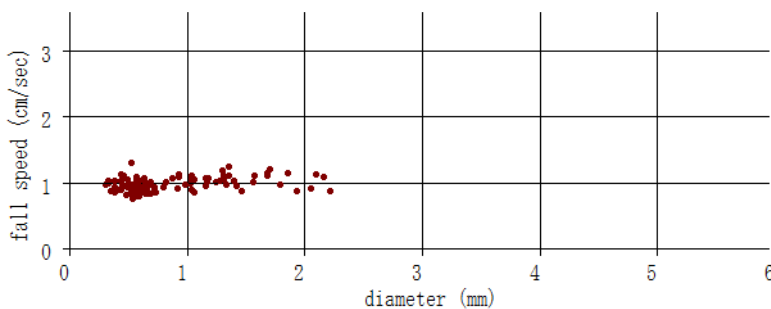


図2. 粒径と落下速度の質量重み付き頻度分布。(a):1月24日、(b):2月18日、(c):長岡の  $-3 \sim -4^{\circ}\text{C}$  の観測例



←図3. 低温時の降雪( $-15^{\circ}\text{C} \sim -5^{\circ}\text{C}$ )の 5 分平均(質量重み付き)の粒径と落下速度の関係。