

主風向に対する防雪柵の設置角度と吹きだまり量との関係について About the relationship between the installation direction of snow fence and amounts of snow drift

原田裕介, 大宮哲, 松澤勝 ((独) 土木研究所 寒地土木研究所)

Yusuke Harada, Satoshi Omiya, Masaru Matsuzawa

1. はじめに

一冬期間の吹きだまり量の最大値（特に 30 年確率最大吹きだまり量）は、対象路線における吹雪対策の必要性、対策施設の設計値決定等、吹雪対策を実施する上で必須である¹⁾。しかし、広範囲で吹きだまり量を直接計測して確率値を求めるのは困難である。このため、風速、気温、積雪深データから経験式によって一冬期の吹雪量を推定し、また防雪柵の捕捉率が 100%であると仮定して吹きだまり量を求める方法が用いられている。しかし、吹雪時の主風向と防雪柵との交角の違いによる吹きだまり量の差異や、推定吹雪量と吹きだまり量との関係については定量的な把握がなされていない。本報では、上記事項を把握することを目的に現地調査を行ったので、その結果を報告する。

ここで、“吹雪量”は単位時間に風向と直交する 1m 幅を通過する飛雪の質量 (g/m/s) のことを、“吹きだまり量”は、防雪柵に直交する 1m 幅の、柵前面および後面に堆積した全積雪量から自然積雪量を差し引いた体積 (m³/m) のことを示す。なお、単位幅あたりの防雪柵によって堆積させることのできる最大吹きだまり量は竹内らの経験式²⁾で与えられ、“防雪容量”と呼ばれる。

2. 観測概要

2. 1 観測サイト

吹きだまり量観測は、石狩市親船町にあるヤウスバ運動公園の河川敷 (N43°13', E141°20', 標高 2m) にて行った。本観測点は主風向（北西）に向かって約 300m にわたり一様な平坦地が続き、主だった障害物は無い。なお、主風向は八幡道路テレメーター (N43°13', E141°20') の過去 5 年間の風向データから推定した。図 1 に示す柵高 5m、柵長さ 50m、空隙率 30%、下部間隙 50cm の吹きだめ柵を、それぞれ主風向に直交（北東－南西）、角度 45 度で斜交（西－東）するように 2ヶ所に設置した。以後、これらをそれぞれ直交柵、斜交柵と呼ぶこととする。また、直交柵から風上側 80m 地点に地上高 3m で風向風速計を設置した。上空から見た観測サイトの様子を図 2 に示す。

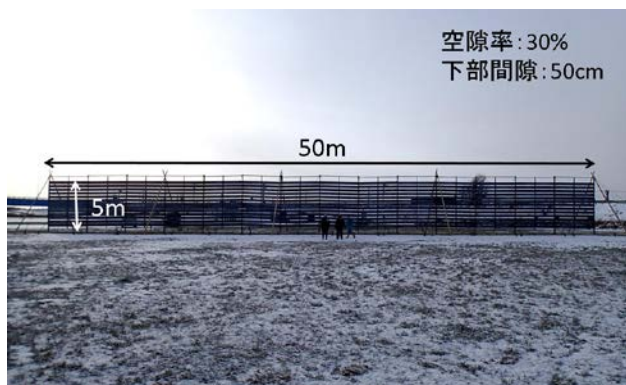


図 1 設置した吹きだめ柵



図 2 上空から見た観測サイトの様子

2. 2 観測内容

本観測は、平成 24 年 12 月 11 日～平成 25 年 3 月 5 日の期間中、計 7 回実施した（表 1）。観測内容は、柵前後の積雪深分布と積雪密度である。吹きだめ柵 2ヶ所の積雪深は、柵端部の影響が無く、かつ柵と直交方向で最も大きな吹きだまりが形成されている箇所を計測測線とし、柵の前後から自然積雪深の地点まで 5m 間隔で、積雪深変化の大きいところは 5m 以下で計測した。積雪密度は、それぞれの防雪柵前後の計測測線上で吹きだまりが最も大きくなっている地点（計 4 地点）において、神室式全層スノーサンプラーによって計測した。また、現地で測定した風向風速のほか、気象庁アメダス石狩（N43°11', E141°22', 標高 5m）で観測している風速、降水量、気温、積雪深データを収集した。

表 1 ふきだまり観測日

観測回	年月日
第1回	平成24年12月11日
第2回	平成24年12月28日
第3回	平成25年 1月15日
第4回	平成25年 1月29日
第5回	平成25年 2月12日
第6回	平成25年 2月27日
第7回	平成25年 3月 5日

3. 観測結果

3. 1 積雪深と積雪密度

防雪柵前後における観測日別の積雪深分布を、直交柵および斜交柵についてそれぞれ図 3, 4 に示す。本観測で最大の自然積雪深を記録したのは 2 月 27 日（第 6 回目観測）であり、この日の防雪柵周辺の様子をそれぞれの図中左上に付記してある。

この観測から、直交柵と斜交柵には、柵前後の積雪量に違いがあり、直交柵周辺により多くの雪が堆積する事が示された。この違いは、防雪柵の吹雪粒子捕捉率が風向によって異なるためと考えられる。なお、H24-25 冬期に石狩アメダスによって観測された最大積雪深は 2 月 17 日に記録された 162cm であった。次に、観測した積雪密度を図 5 に示す。この結果から、堆積後の圧密によって時間経過とともに積雪密度が増加した事を確認した。

3. 2 吹きだまり量の比較

実測した積雪深から自然積雪深を差し引き、吹きだまり量（ m^3/m ）を求めた（図 6）。この結果から、直交柵では 2 月 12 日（図中実線枠）に、斜交柵では 3 月 5 日（図中波線

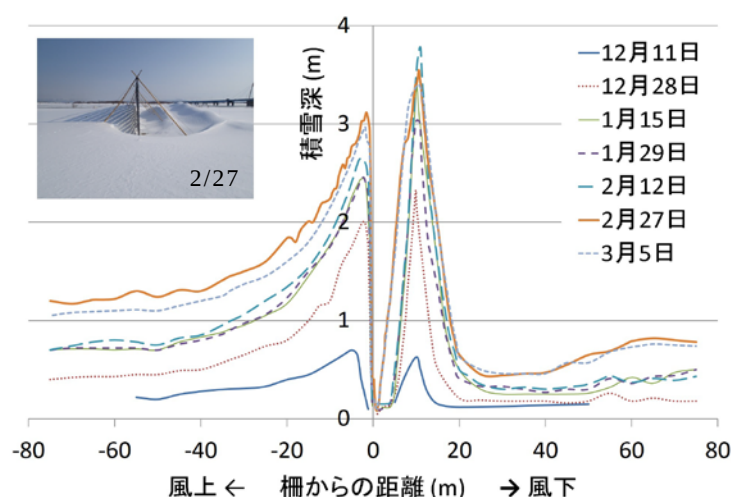


図 3 直交柵前後の積雪深

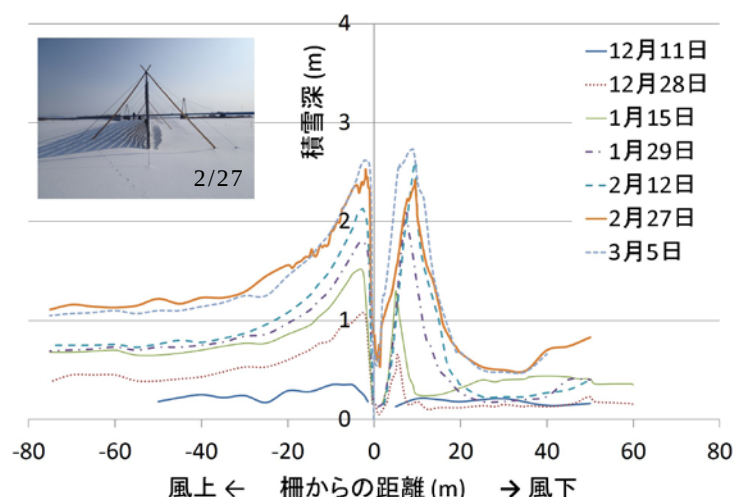


図 4 斜交柵前後の積雪深

柵) に最大吹きだまり量が形成された事が分かった. 直交柵の最大吹きだまり量は $55.2 \text{ m}^3/\text{m}$, 一方斜交柵の最大吹きだまり量 $41.5 \text{ m}^3/\text{m}$ であり, 直交柵の約 75% であった. 斜交柵の吹きだまり量が日数の経過とともに増加した一方で, 直交柵の吹きだまり量は防雪容量²⁾に達していないにもかかわらず, 第3回目の観測 (1月15日) 以降はほとんど増加が見られなかった.

4 考察

4. 1 推定累積吹雪量と吹きだまり質量の関係

吹雪量の推定方法は, はじめに吹雪の発生有無を判別し, 吹雪発生と判別された場合に, 松澤ら³⁾による式(1)によって計算した. 本論文では, 竹内ら⁴⁾による気温と風速による吹雪の発生条件および武知ら⁵⁾による降雪終了からの経過時間による吹雪発生条件を考慮し, 以下の条件1または条件2を満たし, かつ条件3を満たす場合に吹雪が発生するものとした.

条件1 : $T \leq -5^\circ\text{C}$ かつ $W \geq 5 \text{ m/s}$ かつ $S_d \geq 1 \text{ cm}$

条件2 : $-5^\circ\text{C} < T < 0^\circ\text{C}$ かつ $W \geq 6 \text{ m/s}$ かつ $S_d \geq 1 \text{ cm}$

条件3 : $t \leq 10 \text{ (h)}$

$$Q = 0.005 V_{1.2}^4 \cdots (1)$$

ここで, T は気温 ($^\circ\text{C}$), W は高度 7m での風速 (m/s), S_d は積雪深 (cm), t は降雪終了後の経過時間 (h), Q は吹雪量 (g/m/s), $V_{1.2}$ は高度 1.2m での風速 (m/s) を示す. なお, 各高度における風速は対数則近似によって求めた. 次に, 上記の方法で推定した累積吹雪量 (kg/m) と吹きだまり量 (m^3/m) とを比較するため, 観測した積雪密度 (図5) と吹きだまり量 (図6) から吹きだまり質量 (kg/m) を算出した. 上記の吹雪発生条件を初めて満たした12月1日を吹雪発生初日とし, 各観測日までの推定累積吹雪量をそれぞれ算出した. 両者の比較結果を図7に示す. 推定累積吹雪量と吹きだまり質量が等しい場合には, 図中の直線に一致する事を意味する. この結果から, 大半のケースにおいて吹きだまり質量よりも推定累積吹雪量の方が多く, 日数経過とともに両者の増加量の差は大きくなることが示された. これは, 日数の経過とともに柵周辺の吹きだまり形状が変化し, 雪粒子の捕捉率が変化したことが一因であると推測される.

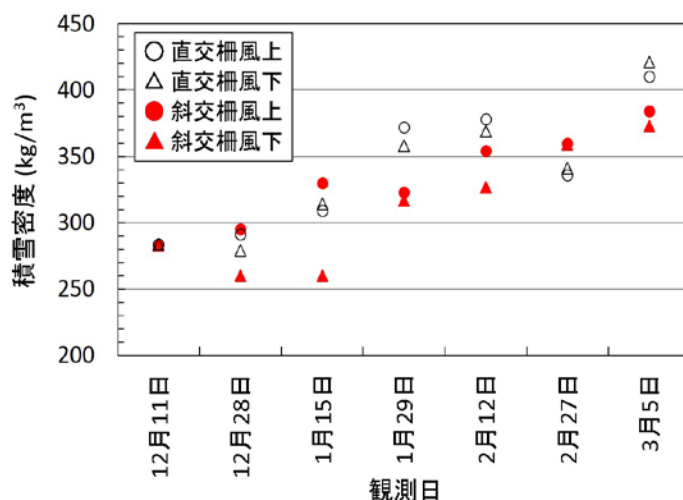


図5 観測日と積雪密度の関係

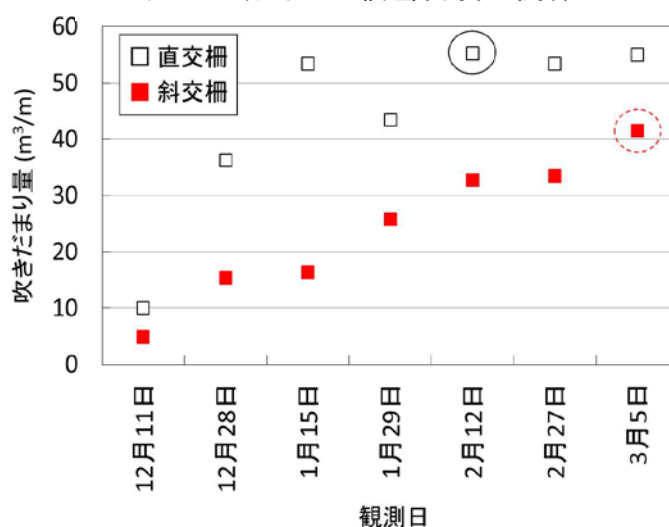


図6 観測日と吹きだまり量 (m^3/m) の関係

4. 2 風向別の推定累積吹雪量について

3.2節において、直交柵と斜交柵とでは吹きだまり量に差異があることを示した。そこで本節では風向別の吹雪量に着眼し、観測データを整理した。当該期間（12月1日～3月5日）における全風向頻度および吹雪発生時の風向別累積吹

雪量を図8に示す。この結果で留意すべきは西風の頻度が高いことであろう。西風時の吹雪量（約15000 kg/m）は全累積吹雪量の約26%にあたる事が分かった。すなわち、本観測の吹きだめ柵設置方向はそれぞれ北東－南西（直交柵）、西－東（斜交柵）であるゆえ、全吹雪イベントのうち約26%は吹雪に対してそれぞれが直交、斜交を成していなかったことを意味する。西風頻度が高かった事が、第3回目の観測（1月15日）以降、直交柵の吹きだまり量がほとんど増加しなかった一因である可能性が考慮される。今後、各観測回間における風向別吹雪量に着眼した解析を進めるとともに、吹雪量推定方法の改良にも取り組む予定である。

5. まとめ

吹雪時の主風向と防雪柵との交角の違いによる吹きだまり量の差異、累積吹雪量の推定値と吹きだまり量との関係を明らかにする事を目的とし、主風向に対して直交および斜交するように吹きだめ柵を設置し、吹きだまり量観測を行った。その結果、斜交柵に形成された最大吹きだまり量は直交柵の最大吹きだまり量の約75%であった。また、大半のケースにおいて吹きだまり量は推定累積吹雪量よりも少ないことが示され、日数の経過とともにその差は大きくなる事が示された。

参考文献

- 1) 福澤ら, 2000: 北海道全域の吹きだまり量分布の推定. 雪氷, 62, 32-39.
- 2) 竹内ら, 1984: 防雪柵の研究－柵前後の吹溜り雪丘形状－. 雪と道路, 1, 96-100.
- 3) 松澤ら, 2010: 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, Vol.26, 45-48.
- 4) 竹内ら, 1986: 降雪時の高い地吹雪の発生限界風速, 昭和61年度日本雪氷学会予稿集, 252.
- 5) 武知ら, 2010: 地吹雪発生時の気象条件に関する一考察, 雪氷研究大会要旨集, 216.

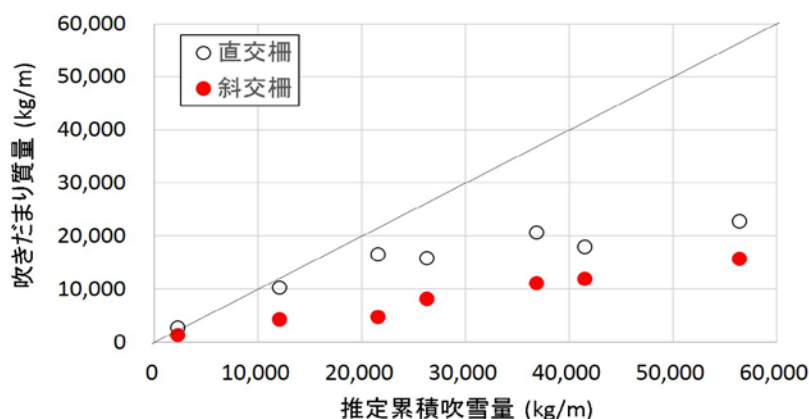


図7 推定累積吹雪量と吹きだまり質量の関係
(累積期間: 2012年12月1日～2013年3月5日)

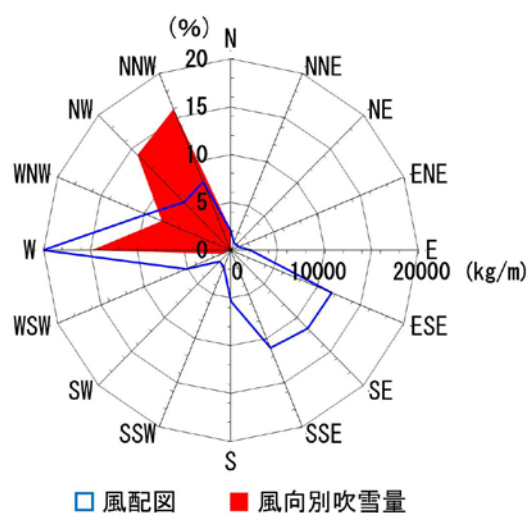


図8 風配図と風向別の推定累積吹雪量