

強風時の主風向は西である。そこで機能を十分発揮でき、設置延長も短くなるよう、風上側の開けた場所を選定し、主風向に直交して柵を設置した。

なお、風向風速について解析を行うにあたり、風向の表現方法は北を0度とし、時計回りに360度とする。なお、柵の方位は175-355度となっている。また正風とは柵に直交する293度方向とし逆風とは113度方向の風を言うことにする。

3. 風速・視程の計測

観測機器は、反射型視程計(明星電気製 TZE-4)と風向風速計(横河ウエザック製 A7401)をそれぞれ2台用意し、各1台を道路上の視程環境を計測するため、防雪柵の風下側の道路脇に高さ2.2mに設置した。またもう1台づつを防雪柵から十分に離れた牧草地上に高さ2.7mに基準点として設置した(図2)(写真2)。

反射型視程計は、投受光器が一体となっていて、飛雪から反射光に比例した出力電圧が得られる。以下、本文における視程とは、出力電圧に対する視程との換算式(福沢ら(1987)iii)

$$V = 26.33V_o^{-0.87} \quad (V: \text{視程(m)}, V_o: \text{出力電圧(V)})$$

により、反射型視程計を用いて得たのである。

吹雪時の視程は、飛雪流量と逆比例関係がある。その関係式は竹内(1980)ivなどにより導かれている。同じ飛雪空間濃度であっても、風速により視程は変化し、風速が大きいくほど視程が悪くなる。

視程の計測では、反射光による出力電圧を対数関数で換算して視程とするため、視程値で考えると変動が大きくなり、わずかの電圧差が視程値になると大きく影響を及ぼす。そこで視程計測を補完する意味から、風速の測定を同時同位置で行った。

測定期間は、平成15年12月27日～平成15年3月17日の一冬期間で、測定間隔は1秒ごとに測定し、解析では10秒ごとに平均化した値を使用した。

4. 測定結果(風速)

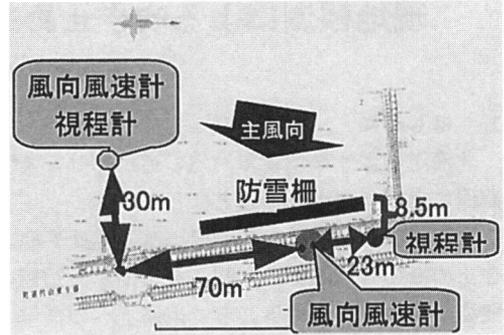


図2 防雪柵、観測機器の配置平面図

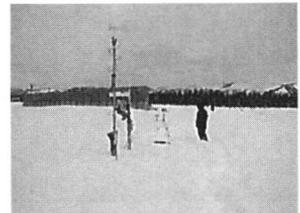


写真2 観測機器の設置状況 (上:道路脇、下:基準点)

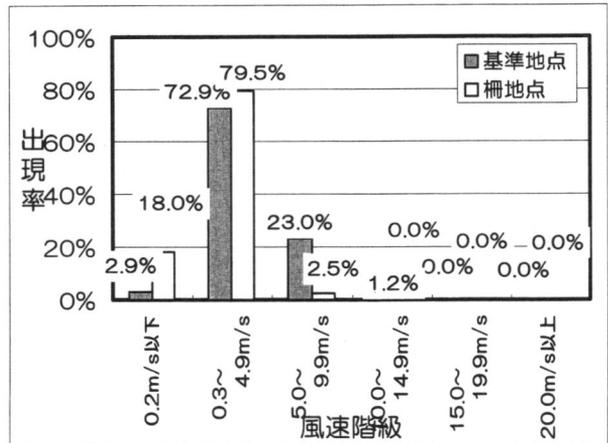


図3 風速階級別の出現頻度

図3に風速階級別の出現頻度を示す。吹雪の発生限界風速は温度、雪質等により異なるが、一般に発生限界 v とされる5m/s以上の風速頻度を見ると、基準地点が24.2%に対して、柵地点では2.5%と10分の1程度に激減しており、吹雪の抑制に貢献していることがわかる。

図4は、基準地点での風速を1とした場合の柵地点での風速比を風向別に平均化したものである。柵と直行方向では風速が大幅に低下し、柵とほぼ直行の270度では0.3に低下しているのに対して、平行方向の360度では1.0と風速の低下は見られない。図4より、概ね柵の直行方向を中心として左右45度合計90度の風向に対して、風速低減効果が確認できた。

図5は、基準地点が風速5m/s以上の場合の基準地点と柵地点の同時刻の風速をプロットしたものである。いずれの観測でも基準地点に比べ、柵地点の方が、風速が低下している。また、柵に直交風では、風速が一定割合で低下しているのに対して、5度程度の入射角の場合斜行風では低下率のばらつきが大きい。しかし、最大風速12m/s程度であった今回の観測では、概ね5m/s以下に低下していることがわかる。

5. 観測結果(視程)

視程観測データについては測定ノイズ除去を目的として得られた電圧値を10秒平均化した後、視程換算を行って解析を行った。換算後の視程500m以上については、観測器の特性を考慮し500mとした。

羽6は得られた2地点の視程の階級別頻度分布である。運転が不安定となる視程200m以下となる頻度は、基準地点が28.8時間に対して、柵地点が21.6時間と25%ほど減少している。しかし著しい視程障害である視程100m未満では、頻度の減少は見られない。

表1は、代表風向(正風、逆風、平行風)での視程障害階級別視程改善比である。基準地点の視程が悪い方が、逆に改善比は高まり、階級別の頻度からは、改善の状況が認められなかった視程100m未満の著しい視程障害時のほうが視程改善比は大きいことがわかる。視程障害の著しい方が視程改善比が大きいのは、石本ら(1980)の道路防雪林の視程障害緩和効果と同様の傾向である。

また、逆風の場合でも主風向時とほぼ同様な視程改善効果が確認できる。冬期間を通じて一方

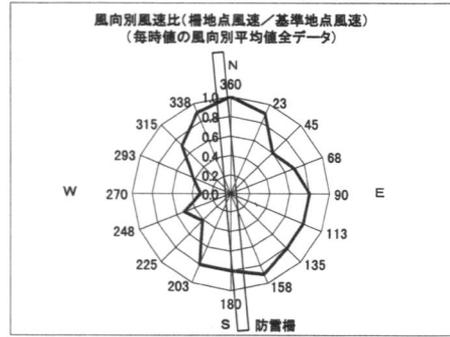


図4 風向別基準地点に対する柵地点の風速比

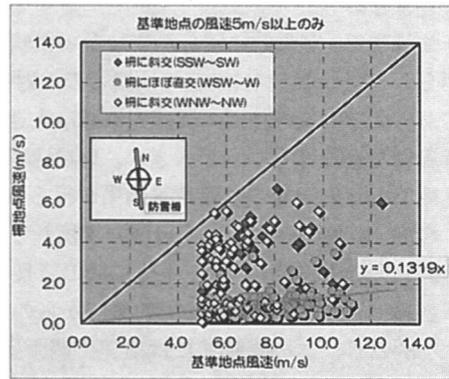


図5 吹き止め柵前後のの風速比較

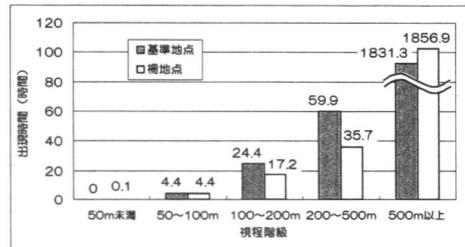


図6 吹き止め柵前後での視程階級別出現時間

向から風を受ける箇所はまれであり、一時的に逆風を受けることも多いが、その場合でも視程悪化することはなく、柵設置が視程環境にとって逆効果にならないということを示す。

平行風の場合でも、直交風(正風・逆風)に比べれば小さいが、多少の視程改善効果が見込めることがわかった。特に 360 度方向では風上に吹き溜まりの形成も確認できており、防雪柵が抵抗となって風上に吹き溜まりを形成することにより、飛雪流量が減少したためと考えられる。

表 1 風向別、視程別の視程改善比

基準地点に おける視程値		風の方向			
		113 度 (ESE)	293 度 (WNW)	180 度 (S)	360 度 (N)
200m 以上	視程比	1.4	1.2	1.3	1.2
500m 未満	標本数	(1, 153)	(3, 302)	(516)	(740)
100m 以上	視程比	2.3	1.4	1.8	1.7
200m 未満	標本数	(576)	(460)	(321)	(86)
	視程比	3.6	3.5	1.6	0
100m 未満	標本数	(32)	(24)	(44)	(0)

6. まとめ

これまで、定量的に明らかでなかった吹き止め柵の視程環境改善効果について、以下のことが明らかとなった。(1)風速では柵との入射角により低減率が大きく異なる。(2)概ね柵直交に対して 45 度以内であれば、風速の低減は大きい。(3)直交風では線形的な風速の低下を示すが、斜行風の場合はばらつきが大きい。(4)視程の悪い状況の方が、柵による視程改善比は大きい。(6)逆風でも正風同様の視程改善効果が得られる。

今回、視程の計測には反射型の視程計を用いたが、観測用に設置した柵の延長よりも視程計の計測範囲の方が長いため、十分に柵の延長を確保できればより視程の改善は高まる可能性がある。

さらに、反射型視程計の出力電圧からの視程値への換算は石狩吹雪実験場における経験式を用いているが、この経験式には風速に関する項が無い。吹雪時の視程(対数値)は飛雪流量(対数値)に反比例する。すなわち、同じ飛雪濃度であれば風速によって実際の人間の目で測定した視程は変化すると考えられるが、本文では機械値をそのまま採用している。経験式の平均風速は 10.5m~15m であり、今回の観測期間における平均的な風速条件よりも速いことから、この点を考慮した解析を行うことで、より正確な視程の改善効果が今後明らかにしてゆきたい。

7. おわりに

本文をとりまとめるに当たり、(財)日本気象協会北海道支社の石本敬志氏、金田安弘氏、(株)雪研スノーイーターズの竹内政夫氏、福沢義文氏からは貴重な助言をいただいた。また現地調査に当たっては、(財)日本気象協会北海道支社の協力を得た。ここに記して感謝の意を表す。

i 福沢義文、加治屋安彦、小林利章、苫米地 司:北海道全域の吹きだまり量分布の推定, 雪氷,62,(社)日本雪氷学会, pp291-300, 2000
 ii 福沢義文、加治屋安彦、畠山拓司:防雪柵端部付近における視程障害と対策, 第 24 回日本道路会議一般論文集(A), 日本道路協会, p358-359, 2001.10
 iii 福沢義文、竹内政夫、石本敬志:反射式視程計による視程計測, 北海道の雪氷,6, 日本雪氷学会北海道支部, p7, 1987.8
 iv 竹内政夫:吹雪時の視程に関する研究, 土木試験所報告, 74, pp31 北海道開発局土木試験所, 1980
 v 竹内政夫、石本敬志、野原他喜男、福沢義文, 1986: 降雪時の高い地吹雪の発生限界風速, 昭和 61 年度日本雪氷学会全国大会予稿集
 vi 石本敬志、竹内政夫、福澤義文、野原他喜男, 1980: 道路防雪林による吹雪時の視程障害緩和効果, 土木試験所月報, 320, 7-18