

平成30年度

# 道路防雪林の防風・防雪効果に関する計測

(国研) 土木研究所 寒地土木研究所 雪氷チーム ○櫻井 俊光  
 (国研) 土木研究所 寒地土木研究所 雪氷チーム 伊東 靖彦  
 (国研) 土木研究所 寒地土木研究所 雪氷チーム 高橋 渉

道路防雪林は、吹雪による視程障害や道路上における吹きだまりの発達を緩和する効果があるとされている。しかし、その緩和する程度は明らかではない。本研究では、道路防雪林における防風・防雪効果を定量的に明らかにすることを目的とし、雄信内防雪林の風上と風下で風速と雪粒子の個数を計測した。その結果、防風効果は斜風時に高く、防雪効果は斜風だけでなく直交風においても効果が高いことが明らかとなった。

キーワード：防災、自然災害、防雪、防雪林、風速

## 1. はじめに

積雪寒冷地では、吹雪による道路の通行止めや交通事故発生などの交通障害が大きな課題である。道路防雪林（以下、防雪林）は、吹雪対策として北海道内で整備が進められている。防雪林は1976年に造成が開始され<sup>1)</sup>、40年以上経過した。人工的に密に植栽されているため日照不足により地表面に近いところの下枝の枯れ上がりが散見される<sup>2)</sup>。一方、吹雪は地表面に近いほど単位面積当たりを通過する雪粒子の量（飛雪流量）が多くなる現象である<sup>3)</sup>。そのため、下枝の枯れ上がりがみられる防雪林では、防雪機能の低下が懸念される<sup>2)</sup>。

防雪林を通過する風速と飛雪流量の変化を捉えることは防雪機能を評価するうえで重要であるが、特に飛雪流量については定量的に調査した研究例はほとんどない。そこで本研究は、防雪林風上と風下における風速と飛雪流量を計測し、防雪林の防風・防雪効果を明らかにすることを目的とする。

## 2. 観測と解析の概要

調査対象は一般国道40号天塩町雄信内防雪林（図1）である。この防雪林は1981年に造成され、延長は約5 km、林帯幅は約30 mである。2015年に調査したところ<sup>4)</sup>、樹高は平均12 m、下枝の枯れ上がり高さは平均2.4 mであり、防雪林に対して直交する風向はほぼ南西（230°）である。

風向・風速を計測するため風向風速計（R.M. Young Co., KDC-S04）、飛雪流量を計測するため吹雪計（新瀉電機、SPC-95：以降SPCとする）を使用した。

設置箇所を図2に示す。主風向（西風）の風上には300 m以上の雪原があり、吹雪の発達に十分な吹走距離がある。防雪林から主風向に約38 m離れた地点（図2のA点）で風向風速計を高さ3 mに、SPCを高さ2.5 mに設置

した。一般国道40号側の地点（図2のB点）で風向風速計とSPCを高さ3 mに設置した。風向・風速の観測期間は2018年2月3日～5月8日であり、飛雪流量の観測期間は2018年3月8日～5月8日である。また、温湿度計（Vaisala）を地点Aに設置した。

風向のデータは10分最多風向、風速のデータは10分平均値として取得した。飛雪流量のデータは1分平均値として取得した。解析では風上の地点Aで観測された風向・風速と飛雪流量を基準とし、風上で観測した風速と飛雪流量をそれぞれ風速比と飛雪流量比として表現した。



図1 調査対象の雄信内防雪林



図2 風向風速計の設置地点（A,B）

### 3. 結果と考察

図3に、観測期間中における風速に多様な変化がみられた期間を示す。なお、以降の結果は過去に発表した内容<sup>5)</sup>を転載したものである。観測期間中における最大風速は10m/s程度であった。飛雪流量の増減をみると、風速だけでなく風向に關係しているようにみえる。そこでまずは風向と風速の変化について着目してみると3つの場合に分けられる。

- I. 防雪林に対してほぼ直交する風（直交風）の風向のとき、風上地点Aと風下地点Bにおける風速がほぼ同程度である
- II. 防雪林に対して斜めに吹く風（斜風）の風向のとき、風上地点Aよりも風下地点Bにおける風速の方が十分に低下している
- III. 防雪林に対してほぼ平行に吹く風（平行風）の風向のとき、地点Aと地点Bにおける風速がほぼ同程度あるいは地点Bの方が高いようにも見える

斜風で高い防風効果がみられる一方で、直交風と平行風では防風効果が低いと考えられる。そこで、各風向における風速比を算出し、次に飛雪流量比を算出した。なお、地点Bの風向にバラツキがみられたため、以下に示す風向は地点Aの風向である。

#### (1) 防雪林を通過する風向の風速比

図4に、防雪林を通過する風向で且つ主風向である西風（270°、W）のときの風速比の算出方法を一例として示す。風上地点Aと風下地点Bで計測された風速の散布図における回帰直線から、風速比は0.68である。なお、このときの相関係数は0.85と高い相関關係にあることも示された。

西風だけでなく防雪林を通過する風について、風向別の風速比を算出した結果を図5に示す。防雪林に対して斜風になるほど風速比が低くなる傾向にあり、高い防風効果がみられた。一方、防雪林とほぼ直交する南西の風

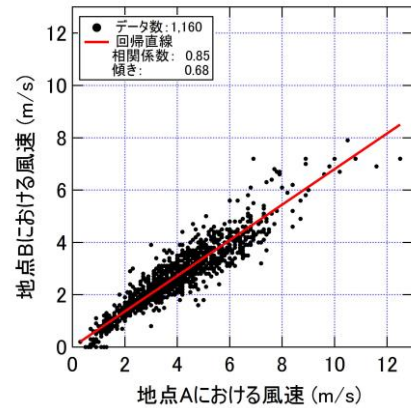


図4 地点Aと地点Bにおける風速の比較。  
(風向：西 270°)

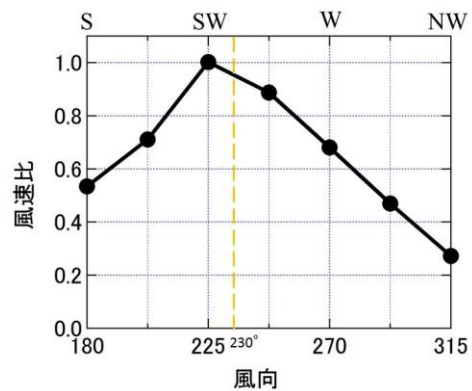


図5 防雪林を通過する風向別の風速比。オレンジの点線は防雪林に直交する風向（230°）を示す

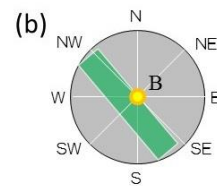
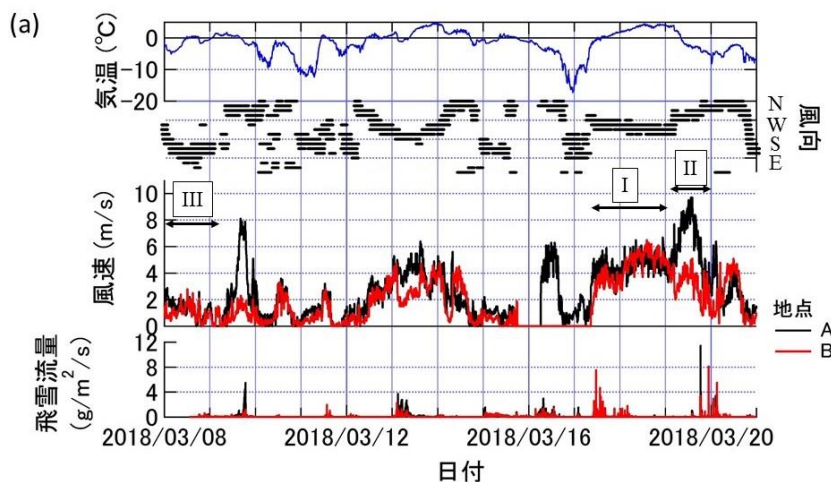


図3 風向・風速に多様な変化がみられた観測期間。(a) 地点A,Bにおける飛雪流量、風向・風速と気温の変化（ただし3月16日において、地点Bの風速が欠測）、(b) 防雪林と風向

(225°、SW) で風速比は約1.0であった。つまり、防雪林の風上と風下で風速がほとんど同じであることから、直交風では防風効果は認められないことを示している。この結果からは簡単に結論づけられるものではないが、下枝の枯れ上がりが影響しているものと考えられ、過去の研究と一致する結果である<sup>6~8)</sup>。

## (2) 防雪林を通過する風向の飛雪流量比

風速比と同じように、飛雪流量比を計算した。図6に、西風(270°、W)のときの飛雪流量比の算出方法を一例として示す。風上地点Aと風下地点Bで計測された飛雪流量の散布図における回帰直線から、飛雪流量比は0.66である。相関係数は0.3と正の相関関係にあるものの風速比(図4)のそれより低い。また、地点Aよりも地点Bの飛雪流量が多い結果を示した、傾き1.0を超える点(9データ)が存在している。このデータについて考えてみたい。なお、この9データについては以降SHA(Several High Amount of mass flux of snow)と記す。

防雪林を通過する風向では、吹雪による飛雪粒子は防雪林の樹木や枝葉が抵抗体となり落下して結果的に吹きだまりになる。あるいはこれらの抵抗体に着雪する。そのため、防雪林を通過した後の風下では、風上よりも飛雪流量が減少するはずである。また、降雪を伴う吹雪においても、樹冠による降雪遮断があるものと考えれば風上よりも飛雪流量が減少するはずである。したがって、図6に示した傾き1.0を超えるSHAは、吹雪や降雪の影響ではないものと考えられる。実際に、降雪を伴う吹雪時に地点B付近で撮影した写真から、樹木に付着した冠雪からの飛雪(落雪)が認められた(図7)。そこで、図6の傾き1.0を超えるデータ(SHA)を除き、図8を得た。飛雪流量比は0.31であり、相関係数は0.36である。飛雪流量の値は低下したが相関係数は高くなったので、より精度の高い結果と思われる。

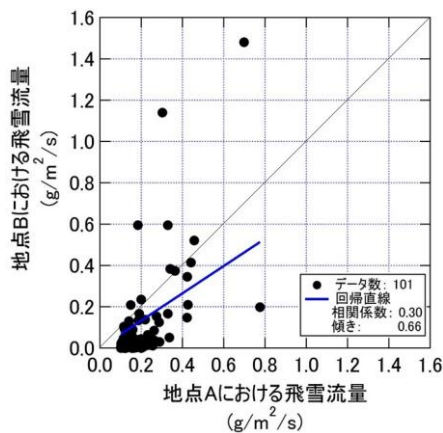


図6 地点Aと地点Bにおける飛雪流量の比較  
黒色実線は傾き1.0の直線を示す



図7 降雪を伴う吹雪時に撮影した、(a)樹木に付着した冠雪、(b)冠雪からの飛雪(落雪)

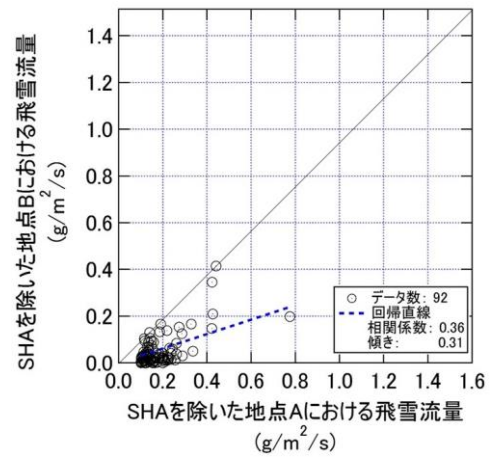


図8 傾き1.0を超える点(SHA)を除いた地点Aと地点Bにおける飛雪流量の比較。黒色実線は傾き1.0の直線を示す

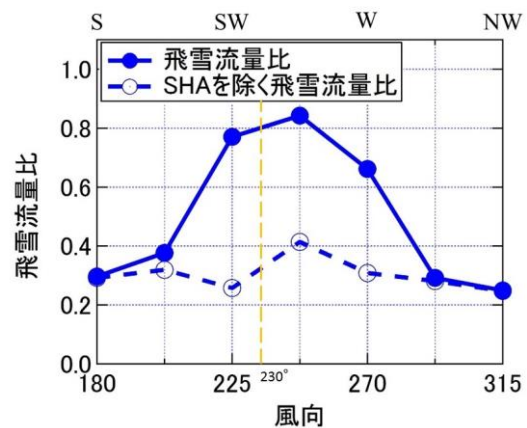


図9 防雪林を通過する風向別の飛雪流量比。オレンジの点線は防雪林に直交する風向(230°)を示す

防雪林を通過する風について、風速比と同様に風向別の飛雪流量比を算出した結果を図9に示す。図9から、SHAを除く飛雪流量比がすべての風向でSHAを含む飛雪流量を下回り、飛雪流量比がおよそ0.2-0.4の範囲に収まることがわかる。ただし、直交風で飛雪流量比の低下が

著しい一方で斜風では直交風ほど飛雪流量比の低下がみられない点については興味深い。直交風ほど風速比が高くなることから、風が強いと風下地点B付近における樹木の冠雪からの飛雪の頻度や量が増加するものと思われる。一方、斜風ほど風速比が低いので樹木の冠雪からの飛雪の頻度や量が低下するものと思われる。ただし、樹木の冠雪からの飛雪に関する正確なデータは得られていないので、推測の域を出るものではない。

以上のように、SHAの要因は樹木の冠雪からの飛雪であるものとして議論をすすめた。一方で、車両から巻き上げられた飛雪が地点Bの計測機器に到達することも考えられる。そのため、上記についてはSHAの一つの可能性として示したものである。

### (3) 防雪林を通過する風の距離と防風・防雪効果

風向が変わると風が防雪林を通過する距離が変わることは容易に想像でき、視覚的には図10のようなになる。

雄信内防雪林の林帯幅が30m一律であり、防雪林に直交する風向は230°なので三角関数を利用すれば風向別における風が防雪林を通過する距離を計算できる。風向別の風速比(図5)と風向別の飛雪流量比(図9)の横軸を風が防雪林を通過する距離に置き換えて図11を得た。

風が防雪林を通過する最も短い距離は南西の風(SW、225°)で約35m、最も長い距離は北西の風(NW、315°)で約380mである。ただし、風下林縁から地点Bまでの距離を考慮していない。

図11から、簡潔には防雪林を通過する風の距離が長くなるほど(斜風であるほど)、風速比と飛雪流量比が低く防風・防雪効果が高いと考えられる。より詳しくみると、風速比は防雪林を通過する風の距離が長くなるほど徐々に低下する。一方、SHAを除く飛雪流量比は最短距離の35m(西南西の風)で0.4以下であり、すでに風速比のそれより低い値を示している。つまり、直交風では下枝の枯れ上がりが影響して防風効果がみられないのに対して、防雪効果に下枝の枯れ上がりは影響しないものと考えられる。ただし、SHAを樹木の冠雪からの飛雪とするならば(SHAを含む場合)、直交風のときに道路側風下まで強い風が吹き込む結果、樹木の冠雪からの飛雪が道路に流れ込む可能性はあり得るものと思量される。

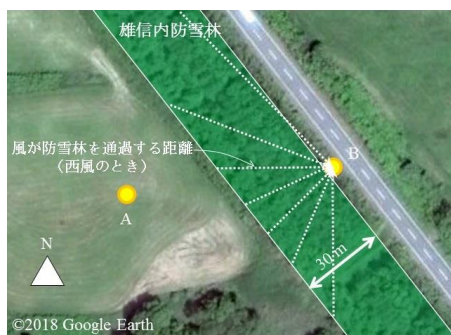


図10 風が防雪林を通過するときの距離

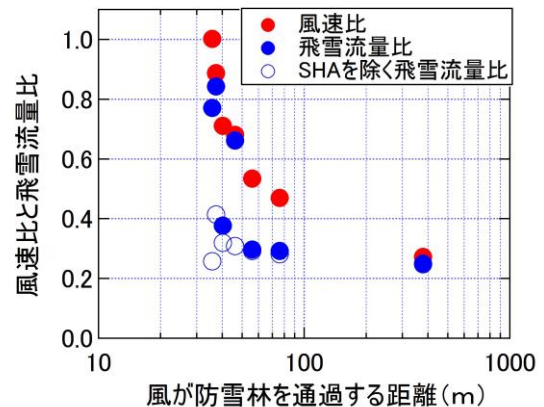


図11 風速比・飛雪流量比と風が防雪林を通過する距離の関係

## 4. 結論

下枝の枯れ上がりによる防風・防雪効果に関する計測を一般国道40号線雄信内防雪林で実施した。防雪林風上と風下で風向風速を計測したところ、防雪林に対して直交する風(直交風)では、下枝の枯れ上がりが影響してほとんど防風効果がみられなかった。一方、防雪林に対して斜めに吹く風(斜風)では防風効果が期待できる結果であった。他方、防雪林風上と風下で飛雪流量を計測したところ、樹木の冠雪からの飛雪の影響を除いたデータでは、斜風だけでなく直交風であっても高い防雪効果が期待できる結果であった。

今後、防雪林風上と風下で風向風速と飛雪流量のデータを収集することにより、精度の高い防風効果に関する評価を実施する予定である。

謝辞： 北海道開発局留萌開発建設部羽幌道路事務所の協力の下で本研究を実施した。ここに、感謝の意を表したい。

### 参考文献

- 1) 独立行政法人土木研究所寒地土木研究所、道路吹雪対策マニュアル、2011
- 2) 伊東靖彦、北海道における道路防雪林の現状、日本雪工学会誌、Vol. 25, No. 1 (Ser.No. 94), 12-16, 2011
- 3) 竹内政夫、石本敬志、野原他喜男、吹雪量と飛雪量垂直分布、雪氷、37、8-15、1975
- 4) T. Sakurai, Y. Ito, T. Watanabe, M. Matsuzawa, Preliminary investigations on the effects of branch withering and the thinning of trees for living snow fences in Northern Hokkaido, Japan, Proceedings of the Transportation Research Board 96<sup>th</sup> Annual Meeting, 17-01849, 2017
- 5) T. Sakurai, Y. Ito, W. Takahashi, J. Takahashi, A. Nishimura, M. Matsuzawa, The wind speed and mass flux of snow on both sides of a LSF to investigate the wind and blowing-snow mitigation effects of a LSF,

Proceedings of the Transportation Research Board 98<sup>th</sup> Annual Meeting, Washington D.C., accepted on Oct. 2018.

- 6) 櫻井俊光、伊東靖彦、武知洋太、松澤勝、斜風時における道路防雪林の枯れ上がりの影響に関する研究、寒地技術論文・報告集、33、125-130、2017
- 7) Y. Ito, T. Sakurai, M. Matsuzawa, The growth of highway snowbreak woods in Hokkaido and their snow control effectiveness, Proceedings of 15<sup>th</sup> International Winter Road Congress, World Road Association (PIARC), Gdansk, 2018.
- 8) T. Sakurai, Y. Ito, M. Matsuzawa, Effect of branch withering in living snow fences on blowing-snow mitigation in Northern Hokkaido, Japan, Proceedings of International Workshop on Wind-Related Disasters and Mitigation, Tohoku University, Sendai, March 11-14, 2018.