

# 積雪が吹き払い柵の防雪機能に及ぼす影響に関する現地観測

(独)土木研究所 寒地土木研究所 雪氷チーム 金子 学  
渡邊 崇史  
松澤 勝

吹き払い柵は、多雪地域では下部間隙が閉塞するため適用不可とされているが、積雪深と吹き払い効果の関係は具体的に明らかではない。そこで、石狩吹雪実験場において現地観測を実施し、積雪深が吹き払い柵の防雪機能に及ぼす影響について調査した。その結果、積雪深が80cm以上では、積雪の増加に伴って吹き払い柵の下部間隙から吹き出す風速が弱まり、吹き払い機能が低下することが判った。

キーワード：吹き払い柵、防雪効果、積雪深

## 1. はじめに

防雪柵は、最も広く用いられている吹雪対策施設であり、「吹きだめ柵」、「吹き止め柵」、「吹き払い柵」の3種類に大別される(図-1)。この内、吹きだめ柵は最も歴史が古く、防雪柵の基本となる形式であり、柵周辺の風を弱め、柵の前後に吹雪中の雪を捕捉して吹きだまりを形成し、風下側の道路の吹きだまりを防ぐ。道路の風上側に数十メートル幅の敷地を必要とするため、近年では設置事例が少なくなっている。次に、吹き払い柵は道路敷地内に設置可能な防雪柵として、北海道開発局建設機械工

作所(当時)が開発した形式であり、傾斜した複数の防雪板により風を下向きに変え、高さ1m程度の下部間隙から吹き出す強風により道路上の雪を吹き払う。1969年から国道への設置が始まり、視程障害対策用途に多く用いられているが、雪を吹き払う範囲(吹き払い領域)は2車線程度に限られる。吹き止め柵は、近年の広幅員道路に対応した防雪柵として、北海道開発局土木試験所(現：寒地土木研究所)が開発した形式で、より多くの吹雪粒子を柵の風上側で捕捉できるよう、下部間隙をゼロとし、防雪板の空隙率を低くし、柵高を高くしたもの<sup>1)</sup>であり、1980年代後半から国道への設置が始まった。

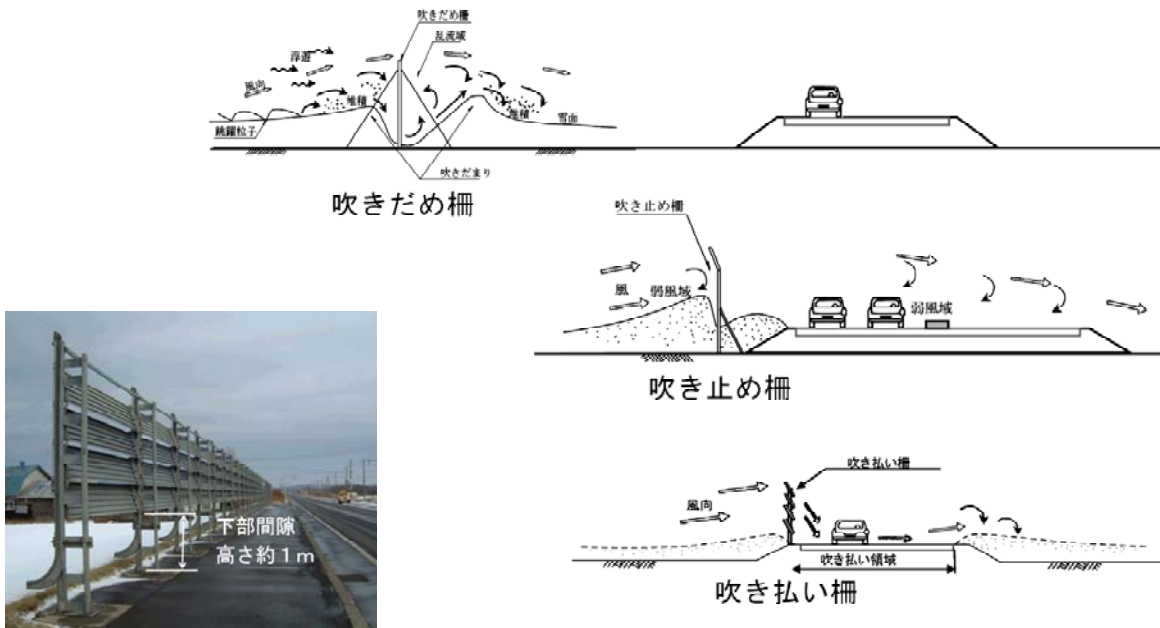


図-1 防雪柵の種類と設置イメージ

この内、吹き払い柵は、多雪地域では下部間隙の閉塞により吹き払い効果が低下するため、適用不可とされている<sup>2</sup>が、積雪深と吹き払い効果の関係については、具体的に明らかとはなっていない。そこで本研究では、当研究所が石狩市郊外に所有する実験施設（石狩吹雪実験場、図-2）内に設置した吹き払い柵において現地観測を実施し、積雪深が吹き払い柵の防雪機能に及ぼす影響について調査することとした。



図-2 石狩吹雪実験場位置図

## 2. 観測方法

観測機器の配置について図-3に示す。防雪柵の影響を受けない風上側に、基準となる観測点（基準点）を設け、積雪深及びドライバーの視線高さを想定した高さ1.5mの位置で風向・風速を観測した。吹き払い柵の風下側については、道路の風上側路側位置（柵風下側1.5mの地点）で、下部間隙の中心の高さ0.5mと、高さ1.5mで風向・風速を観測した。

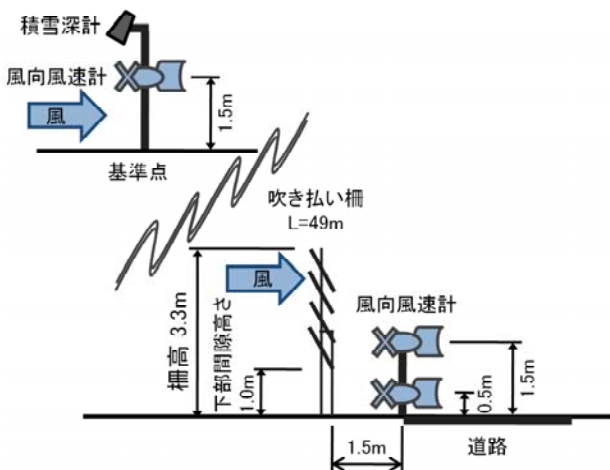


図-3 観測機器配置図

## 3. 観測データ抽出

平成23年度冬期の観測データから、基準点の風向が防雪柵に対し概ね直角(16方位で直角±1方位以内)で、5m/s以上の風速(10分平均値)が概ね6時間以上連続した際のデータを選び、基準点の積雪深が小さい場合から、吹き払い柵の下部間隙の高さ(1m)を超えるまでの7例のデータを抽出し、これらのデータを用いて積雪深が吹き払い柵の防雪機能に及ぼす影響について調査した。

## 4. 調査結果

### (1) 吹き払い柵風下の風速について

基準点風速と吹き払い柵風下側の風速の関係について、基準点の積雪深が27cm、53cm、83cm、126cmと異なる4例を図-4~7に示す。

吹き払い柵の下部間隙の中心の高さの風速は、基準点風速と概ね比例する傾向にあった(図-4~7)。また、この位置の風速は、観測データの中で積雪深が最も小さい27cmの例(図-4)では基準点風速の約1.8倍と最も高く、積雪深53cmの例(図-5)では風速がわずかに低下し、積雪深83cmの例(図-6)では基準点風速と同程度に低下し、積雪深126cmの例(図-7)では基準点風速を下回る等、積雪深の増加とともに低下する傾向となっていた。

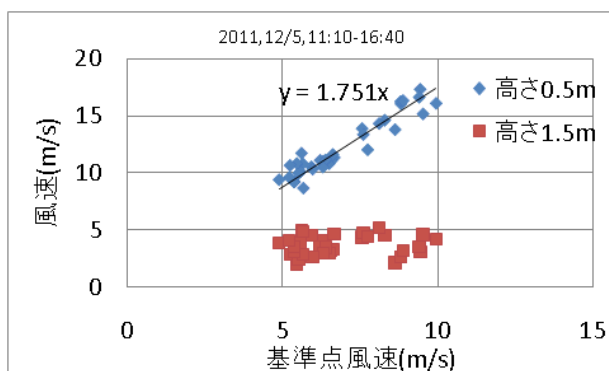


図-4 積雪深27cmの時の吹き払い柵風下の風速

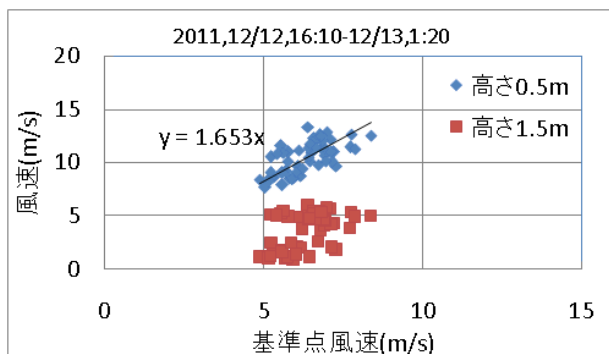


図-5 積雪深53cmの時の吹き払い柵風下の風速

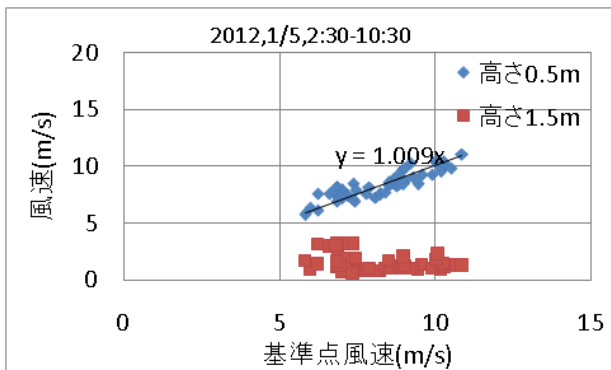


図-6 積雪深83cmの時の吹き払い柵風下の風速

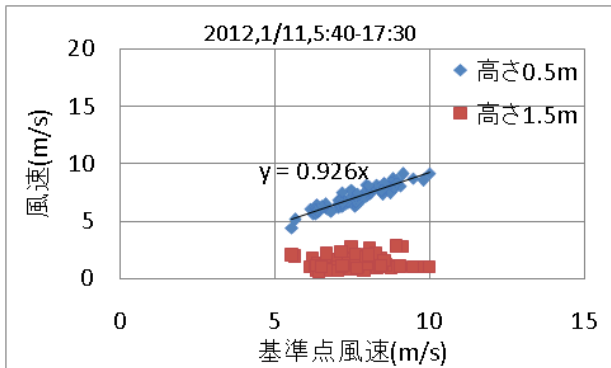


図-7 積雪深126cmの時の吹き払い柵風下の風速

高さ1.5mの観測位置での風速は、高さ0.5mの場合と異なり、基準点風速と比例する傾向が見られず、ばらつきが大きかった。また、積雪深が最も小さい27cmの例では風速は最大で5m/s程度、積雪深が最も大きい126cmの例では風速が最大で3m/s程度と、積雪深の増加に従い、やや低下する傾向となっていた。

## (2) 積雪深と吹き払い効果について

上記の4例を含む7例について、吹き払い柵風下側の風速と基準点風速の比（風速比）を、1例ごとに平均したものと、積雪深との関係について、図-8に示す。下部間隙の中心の高さ（0.5m）では、積雪深が小さい場合には、基準点風速の約1.8倍の風速で吹き払い効果を発揮するが、積雪深の増加とともに風速が低下し、80cm程度の積雪で基準点風速と同等に、120cm程度の積雪で基準点風速の約8割に低下する傾向となっていた。吹き払い柵は、積雪深が小さい場合には、下部間隙を通過する強風により吹き払い効果を発揮するものの、積雪深が下部間隙の高さに近づくにつれて、吹き払い効果が大幅に低下する傾向にあり、こうした場合には下部間隙の除雪等の検討が必要となる。これらのことから、吹き払い柵の積雪の多い地域への適用には注意が必要である。

高さ1.5mの風速については、積雪深の増加とともに、やや低下する傾向が見られた。その理由として

は、下部間隙の閉塞に伴い、吹き払い機能が低下することにより、吹きだめ柵のような風下の風を弱める機能が強く発揮されるようになったのではないかと考えられる。

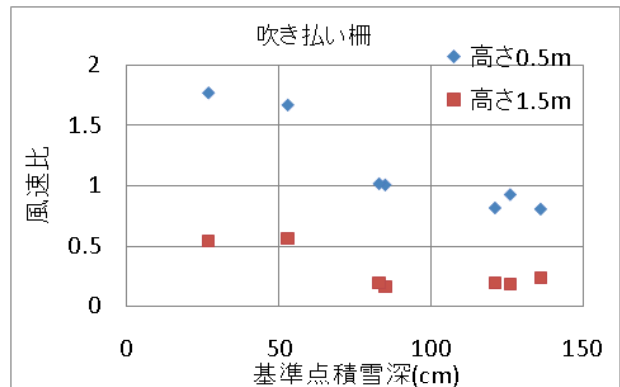


図-8 積雪深と吹き払い柵の風速比

## 5. 検討

吹雪中の雪粒子の運動には、転動、跳躍、浮遊の三つの形態がある（図-9）。氷点下の場合、雪面に降った雪粒子は焼結により相互に固結し、時間の経過に従い結合部が太く成長する。このため、降雪後

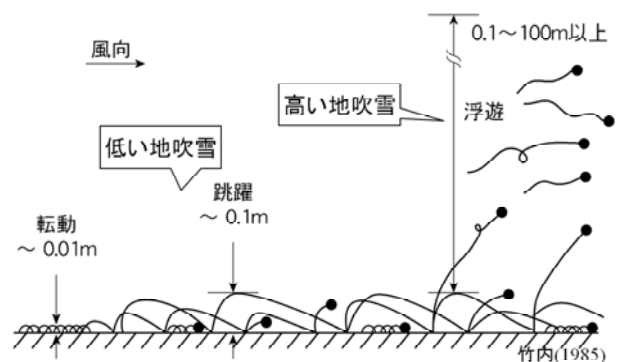


図-9 吹雪における雪粒子の運動形態

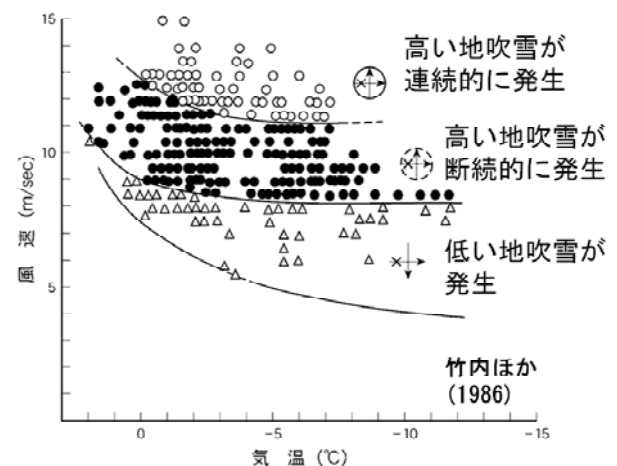


図-10 吹雪発生臨界風速

間もない雪は風に飛ばされやすく、時間の経過とともに飛ばされ難くなる。静止状態の雪粒子が風により動き出す風速は、固結の程度等、雪質により大きく異なるため簡単に表すことが難しいが、降雪がある場合には、降雪粒子の衝突が引き金となって雪面の雪粒子の移動が始まるため、雪質による違いは小さい。図-10は降雪がある場合の吹雪発生と風速と気温の関係を示したものである<sup>3)</sup>。気温が低い場合、風速5m/s以上の条件で雪粒子の転動と跳躍が始まり、高さ10cm程度以下の地表付近で地吹雪が発生する(低い地吹雪)。次に、風速が8m/sを超える条件では跳躍粒子の一部が乱流渦に乗って大気中を浮遊するようになり、ドライバーの視線高さの吹雪により道路上の視程障害を発生させる(高い地吹雪)。図中の風速は高さ7mの値であり、今回の基準点風速(高さ1.5m)とは条件が異なるため、観測結果との比較には換算する必要がある。一般に、大気が地表と接する接地境界層(地表から10~100mまでの範囲)では、風が地表面の摩擦力の影響を受け、地表面に近いほど風速が低下し、高さzにおける風速U(z)は、以下の式(1)のように表される<sup>4)</sup>。

$$U(z) = \frac{U^*}{k} \ln \frac{z}{z_0} \quad (1)$$

U\* : 摩擦速度

k : カルマン定数 (通常 k = 0.4)

z0 : 粗度定数 (風速がゼロとなる高さを表し、雪面では $10^{-4}$ m ~ 0.3cm、 $10^{-4}$ mで計算した)

式(1)において、高さ7mの風速が5m/sの場合、高さ1.5mでは4.3m/s、高さ0.5mでは3.8m/sと計算される。同様に、高さ7mの風速が8m/sの場合は、高さ1.5mでは6.9m/s、高さ0.5mでは6.1m/sとなる。計算は粗度定数等に仮定を含むため、十分に定量的ではないが、地表面から吹き払い柵の下部間隙の中心の高さまでの風速の鉛直分布が式(1)と同様であれば、高さ0.5mでの風速が概ね3.8m/s以上の場所では雪粒子が転動・跳躍するため吹きだまりが生じず、さらに風下側で風速が低下した位置で雪粒子の移動が止

まり、吹きだまりが生じると考えられる。なお、ドライバーの視線高さ(1.5m)では、風速が基準点より低いことから、視程障害の緩和に効果があると考えられる。

## 6 . おわりに

本研究では、積雪が防雪柵の防雪機能に及ぼす影響を把握するため、石狩吹雪実験場内に設置した吹き払い柵において風速の観測を行い、積雪深と防雪機能の関係について調査した。

その結果、吹き払い柵は積雪深が小さい場合には、下部間隙から吹き出す強風により、吹き払い効果を発揮するものの積雪深が80cm以上の場合には、下部間隙を通過する風速が弱まり、吹き払い効果が低下することが判った。吹き払い柵の積雪の多い地域への適用には注意が必要である。

吹き払い柵の吹き払い領域は、柵高の2~3倍程度と言われているが、未だ十分に定量的に明らかとはなっていないため、今後、現地観測等による検討を行うこととしたい。

## 参考文献

- 1) 竹内政夫(1997) : 道路雪氷対策の変遷(1) - 時代背景と防雪柵 - , 北の交差点Vol.2 AUTUMN-WINTER, pp12-17
- 2) 独立行政法人土木研究所 寒地土木研究所(2011) : 道路吹雪対策マニュアル(平成23年改訂版) , pp3-3-4
- 3) 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, 日本雪氷学会秋季大会講演予講集, pp252
- 4) 前野紀一, 遠藤八十一, 秋田谷英次, 小林俊一, 竹内政夫(2000) : 雪崩と吹雪 基礎雪氷学講座 , 古今書院, pp129