

# 防雪柵開口部の対策施設に関する 技術資料(案)

令和5年3月



国立研究開発法人 土木研究所 寒地土木研究所

# 目 次

1. 総 則	
1.1 目 的 .....	1
1.2 適用範囲 .....	2
1.3 本技術資料(案)の構成 .....	3
1.4 用語の説明 .....	4
2. 防雪柵の開口部における視程障害	
2.1 開口部における視程障害の発生機構と特徴 .....	5
2.2 開口部の視程障害による運転への影響 .....	10
3. 防雪柵の開口部対策	
3.1 開口部対策の目的 .....	13
3.2 開口部対策の必要性の検討 .....	14
3.3 開口部対策の種類 .....	15
3.4 開口部対策の選定 .....	18
3.5 副防雪柵の特徴 .....	20
3.6 副防雪柵による開口部対策の実施 .....	22
3.7 副防雪柵の設置 .....	26
4. 開口部対策に関するその他の技術的事項	
4.1 新たな副防雪柵による開口部対策 .....	29
4.2 新たな副防雪柵を設置する場合の留意点 .....	32
4.3 防雪柵の端部対策について .....	35
4.4 開口部と端部の対策事例 .....	36
文 献 .....	41

## 1. 総 則

### 1.1 目 的

本技術資料(案)は、防雪柵の開口部における局所的な視程障害の対策を行うために必要な技術的事項をまとめたものであり、防雪柵の開口部対策の検討および実施に資することを目的とする。

#### 【解説】

##### (1) 背景

冬期道路交通の安全確保において、吹雪によりもたらされる障害は、運転者（以降、ドライバーとする）の視認性が低下する視程障害<sup>1) 2)</sup>と吹きだまり<sup>1) 3)</sup>である。北海道の冬期道路は、吹雪による視程障害や吹きだまり等のため、非常に厳しい運転環境にある<sup>4)</sup>。特に視程障害時の事故は後続車からの発見が難しく、多重衝突事故に発展する場合も少なくない。こうしたことから防雪柵等の吹雪対策施設の整備が進められてきた<sup>1) 5) 6)</sup>。

防雪柵は道路に沿って連続的に設置されるが、周辺地形や土地利用の状況により、また取付道路や道路の交差点等では開口部を設ける必要がある。そのため、道路沿線では防雪柵が途切れる箇所が存在する。このような防雪柵の開口部において吹雪が発生すると、風の収束により風速が増加してそれに伴い飛雪の流量も増加する（写真1.1.1）<sup>9)</sup>。これにより、防雪柵の開口部における視程が局所的かつ急激に低下し<sup>7) 8)</sup>、ドライバーの運転に影響して交通事故の誘因となることが懸念されている<sup>10)</sup>。

##### (2) 本技術資料(案)の目的

本技術資料(案)は、吹雪対策施設として整備された防雪柵の開口部における局所的な視程障害の対策を行うために必要な技術的事項を、現時点で得られている知見に基づいてまとめたものであり、これにより防雪柵の開口部対策の効率的な検討および適切な実施に資することを目的とする。

吹雪対策の基本的な考え方や計画手順、吹雪対策調査等については、「道路吹雪対策マニュアル（平成23年改訂版）」<sup>1)</sup>の第1編「共通編」を、防雪柵の定義と特徴、計画、設計、施工、維持管理については、同マニュアル<sup>1)</sup>の第3編「防雪柵編」を参照されたい。



写真1.1.1 防雪柵の開口部における吹雪時の状況の例<sup>9)</sup>

移動気象観測による(a)開口部手前と(b)開口部における状況。

## 1.2 適用範囲

本技術資料(案)は、北海道開発局が整備する一般的な道路における防雪柵に適用することを意図したものであり、防雪柵の開口部対策に関して「道路吹雪対策マニュアル」を補完するものである。なお、本技術資料(案)の開口部対策は、主に吹き止め柵の開口部を対象にしたものである。

### 【解説】

#### (1) 本技術資料(案)の適用範囲

本技術資料(案)は、北海道開発局が整備する一般的な道路の防雪柵に適用することを意図したものであり、防雪柵の開口部対策に関して「道路吹雪対策マニュアル（平成23年改訂版）」<sup>1)</sup>を補完するものである。極めて特殊な気象、地形であって本技術資料(案)によることが適当でないと判断される場合には、別途検討することとする。

#### (2) 対象とする防雪柵の種類

防雪柵には、「吹きだめ柵」、「吹き払い柵」、「吹き止め柵」、「吹き上げ防止柵」の4種類がある<sup>1), 5), 6)</sup>。防雪柵の開口部では視程障害が生じやすいことが知られており、特に吹き止め柵で顕著である<sup>7), 8), 10)</sup>。吹き止め柵は、空隙率の小さい柵の構造を有しており、吹雪時に風上側から吹き付けられる飛雪を遮る柵形式（写真1.2.1(a)）である。一方、その開口部では、飛雪を遮る柵が途切れていることに加えて、風が開口部で収束することに伴う飛雪流量の増加によって局所的な視程障害や視程の急変を生じやすい傾向がある（2.1参照）<sup>8)</sup>。つまり、吹き止め柵（写真1.2.1(a)）の開口部における局所的な視程障害や視程の急変は、同じく道路用地内に設置される吹き払い柵（写真1.2.1(b)）の開口部よりも顕著となる<sup>8)</sup>。よって、本技術資料(案)で示す開口部対策は、主に吹き止め柵の開口部を対象とする。

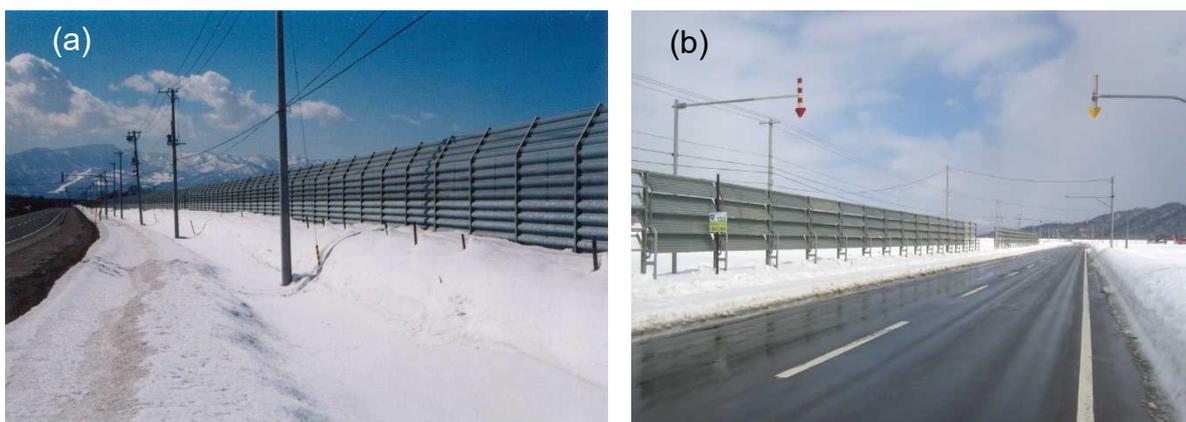


写真1.2.1 防雪柵の例<sup>1)</sup>

(a)吹き止め柵、(b)吹き払い柵。

### 1.3 本技術資料(案)の構成

本技術資料(案)の構成は、「総則」、「防雪柵の開口部における視程障害」、「防雪柵の開口部対策」、「開口部対策に関するその他の技術的事項」の4章からなる。

#### 【解説】

##### (1) 本技術資料(案)の構成

本技術資料(案)の構成は、以下に示す4章からなる。

1章の「総則」では、本技術資料(案)の目的と適用範囲および構成を示し、本技術資料(案)で用いる主な用語を説明する。

2章の「防雪柵の開口部における視程障害」では、防雪柵の開口部における視程障害の発生機構やドライバーの運転への影響について解説する。

3章の「防雪柵の開口部対策」では、開口部対策の目的や必要性の検討、対策の種類と特徴、および開口部対策として実際の道路で活用されている副防雪柵の設置に関する技術的事項等について、現時点で得られている調査や現地観測、風洞実験、数値シミュレーション解析等の結果に基づいて説明する。

4章の「開口部対策に関するその他の技術的事項」では、新たな副防雪柵の技術的な紹介と防雪柵の端部対策について触れ、防雪柵の開口部対策工を例示する。

また、巻末には、1～4章で説明した内容の根拠となる文献を示す。1～4章の内容の詳細を知りたい場合は、これらの文献を参照されたい。

##### (2) 本技術資料(案)の記載事項について

本技術資料(案)は、防雪柵の開口部における吹雪時の視程障害と、それによるドライバーへの影響、視程障害を緩和するための対策手法に関して実施した、実際の道路における移動気象観測、防雪柵周辺の風速分布を再現する三次元数値シミュレーション解析、防雪柵模型を用いた風洞実験、実寸大の防雪柵を用いた現地観測により得られた結果から、現時点において得られている知見をまとめたものである。ただし、副防雪柵の効果等について全ての条件で実験や観測、解析を実施できたわけではない。今後の観測や解析等によって新たな知見が得られた場合には、本技術資料(案)の内容を加筆または修正する場合がある。

## 1.4 用語の説明

本技術資料(案)で用いる用語は、「道路吹雪対策マニュアル」に準じる。

### 【解説】

本技術資料(案)で用いる用語は、「道路吹雪対策マニュアル（平成23年改訂版）」<sup>1)</sup>に準じる。以下に、主な用語の定義を示す。

**吹雪：** 一般に雪粒子が風によって空中を舞う現象を吹雪という。降雪がない場合の吹雪は、地吹雪とも呼ばれる。吹雪は視程を悪化させるとともに、しばしば吹きだまりや雪庇を形成し、交通障害や雪崩発生等の原因となる<sup>1)</sup>。

**視程：** 昼間においては、空を背景としたとき視角0.5～5°程度となる黒ずんだ目標物が肉眼で識別できる最大の距離を指す。夜間においては、背景が昼間と同じ明るさと仮定したときに、目標物が識別できる最大の距離を指す。現在は視程計で気象光学距離を計測し、これを視程として扱う場合が多い<sup>1)</sup>。

**視程障害：** 視程が悪化して交通等の機能が正常な状態より低下すること。吹雪の場合、目の高さを横切る雪の移動量が多いほど視程障害は大きくなり、道路の通行止めや交通事故の誘因となっている<sup>1)</sup>。

**吹きだまり：** 風速は地表部の凸部や構造物に近づくにつれて減少するため、それらの風上側近傍では吹雪による飛雪が堆積する。吹きだまりは、飛雪が移動を停止してできる丘のような雪の堆積を言う<sup>1)</sup>。

**吹雪対策施設：** 道路等を吹雪から守るための人工物や道路構造。人工物には、防雪林、防雪柵、視線誘導施設、スノーシェルター等がある。道路構造には、防雪切土、防雪盛土、緩勾配盛土がある<sup>1)</sup>。

**防雪柵：** 鋼板等の材料で作られた防雪板を用いて柵前後（風上側、風下側）の風速や風の流れを制御し、飛雪を吹きだめたり吹き払うことによって、道路の吹きだまり防止や視程障害の緩和を図ることを目的とした吹雪対策施設。吹きだめ柵、吹き払い柵、吹き止め柵、吹き上げ防止柵の4種類がある<sup>1)</sup>。

**吹きだめ柵：** 道路の風上側に離して設置する柵である<sup>1)</sup>。柵の前後（風上側、風下側）に飛雪を堆積させることによって、道路への飛雪の吹き込みと吹きだまりを防止する<sup>1)</sup>。

**吹き払い柵：** 風上側の道路用地内に設置する柵である<sup>1)</sup>。防雪板で風をせき止め、柵の下部間隙から吹き抜ける強い風を利用して、道路の路側や路面の雪を吹き払う<sup>1)</sup>。

**吹き止め柵：** ①柵高を十分に高くして、②高い柵密度で③小さい下部間隙を持った構造の防雪柵。①と②は柵の風上側に雪を多く捕捉する機能を持ち、③は風上側から飛雪が吹き抜けるのを防ぐことで、道路の吹きだまりや視程障害を防ぐ<sup>1)</sup>。道路用地内に設置して、吹き払い柵の利用限界を超えた広い多車線道路の吹雪対策を行うために開発された<sup>1)</sup>。

**開口部：** 防雪柵は道路に沿って連続的に設置されるが、周辺地形や土地利用等の状況により、また取付道路や道路の交差点で防雪柵を設けることができず、防雪柵が一時的に途切れる箇所（区間）のこと。

**端部：** 防雪柵の整備区間の末端の箇所（区間）。

**副防雪柵：** 防雪柵の開口部における局所的な視程急変の緩和を目的として設置される防雪柵の総称。

**視線誘導施設：** 吹雪時の路側や道路線形の視認性を高めることによって、ドライバーの視線誘導や除排雪作業の安全性と効率性を確保するための吹雪対策施設。視線誘導施設には、視線誘導標、スノーポール、固定式視線誘導柱、視線誘導樹等がある<sup>1)</sup>。

## 2. 防雪柵の開口部における視程障害

### 2.1 開口部における視程障害の発生機構と特徴

防雪柵の開口部では、防雪柵の設置区間に比べて吹雪時における風上側からの飛雪と、収束した風に伴う飛雪の流量が増加することにより視程障害が生じやすい。特に吹雪時の風向が、防雪柵に直交する風向を中心とした $45^\circ$ の範囲のときに局所的な視程障害や視程の急変が顕著となる。また、開口部の延長が長いほど風速が大きくなり視程は低下する。

#### 【解説】

##### (1) 吹雪と視程障害に関する一般的特徴

吹雪は雪粒子が風によって空中を舞う現象であり、降雪がない場合の吹雪は地吹雪とも呼ばれる<sup>11)</sup>。風によって運ばれる雪粒子を飛雪または飛雪粒子と呼び、風向に直角な単位断面積を単位時間に移動する雪粒子の質量を飛雪流量（吹雪質量フラックス）と呼ぶ<sup>11)</sup>。飛雪流量は風速が大きいほど増加し<sup>12)、13)</sup>、目の高さを横切る飛雪流量が多いほど視程は低下する<sup>2)、14)、15)</sup>。

吹雪時の視程や吹雪対策施設の防雪機能の評価では、視程の瞬間値ではなく時間的な平均値（または中央値）を算出して用いることが多い<sup>1)</sup>。しかし、視程は空間的にも時間的にも大きく変動する。例えば、吹雪が連続的に発生する条件下では、ドライバーの目線高さにおける飛雪流量は瞬間的に10分間平均値の15倍程度になり<sup>16)</sup>、また視程の1秒間隔の瞬間的な最小値は10分間平均値の約20%になる<sup>17)</sup>。

##### (2) 開口部における視程障害の発生機構

防雪柵は吹雪が発生する区間に設置されるが、周辺地形、用排水路、取付道路、交差道路等の関係上、防雪柵を設置できない箇所があり、防雪柵に開口部が生じるのは避けられない。このような立地条件によって防雪柵を設けることができない開口部では、風上側からの飛雪によって視程障害が発生しやすい。特に、吹き止め柵等の空隙率の小さい防雪柵の開口部では、収束した気流による強風が発生し（図2.1.1）<sup>18)</sup>、これに伴う飛雪によって、視程は局所的に一段と悪化する場合がある<sup>7)、8)</sup>。例えば図2.1.1は、防雪柵の開口部周辺における風速の水平分布の三次元数値シミュレーション解析による結果の一例である。図中コンターの赤い部分は強風を示している。道路上の風速に着目すると、防雪柵開口部の風下で局所的に風速が大きくなっていることがわかる。

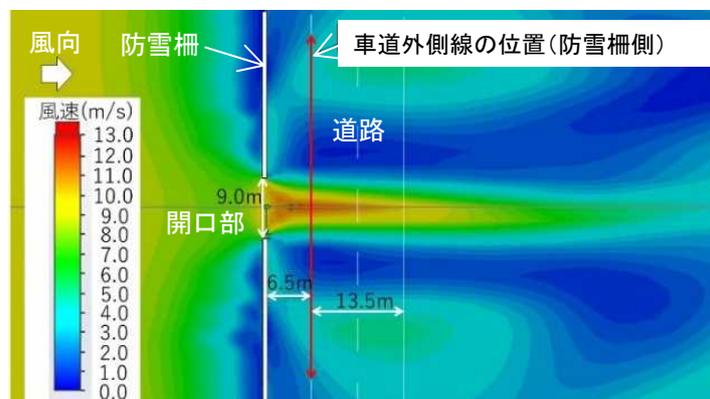


図2.1.1 開口部周辺における風速分布の数値シミュレーション解析例<sup>18)</sup>

図2.1.2は、防雪柵の影響が少ない風上側約50 mの箇所（基準点）の視程と開口部（開口部延長: 9 m）における視程の観測値を比較した例で、風向は防雪柵にほぼ直交する方向である<sup>1)</sup>。図2.1.2より、周囲の平均的な吹雪の状況下にあると考えられる基準点に比べて、開口部における視程は小さくなる（視界が悪くなる）傾向にある。

このように、防雪柵の開口部で発生する視程障害は、開口部における風の収束に伴う飛雪流量の増加によって発生する（図2.1.3）。これをエンドエフェクトと呼ぶ<sup>1)</sup>。

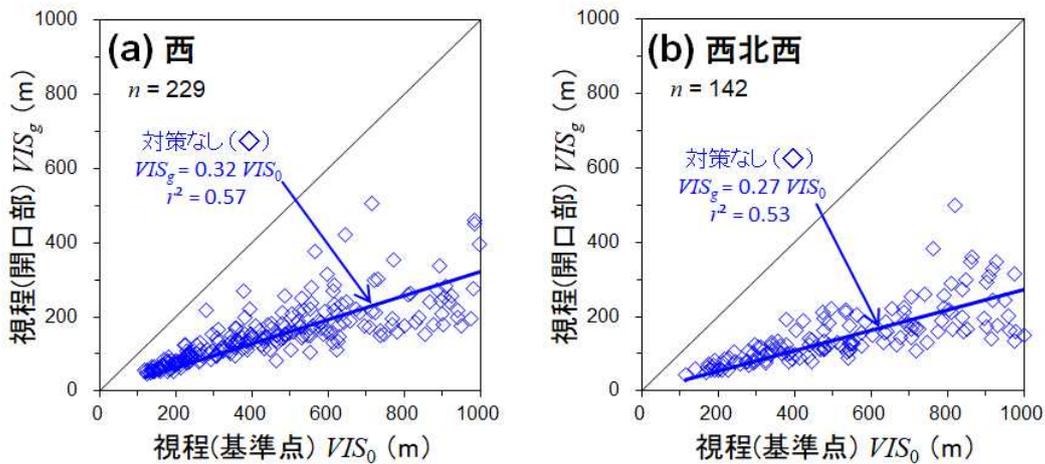


図2.1.2 基準点と防雪柵開口部における視程の観測値の比較例<sup>1)</sup>

基準点の風向が(a)西と(b)西北西の場合。風向は異なるが、いずれも防雪柵に直交する方向に近い。

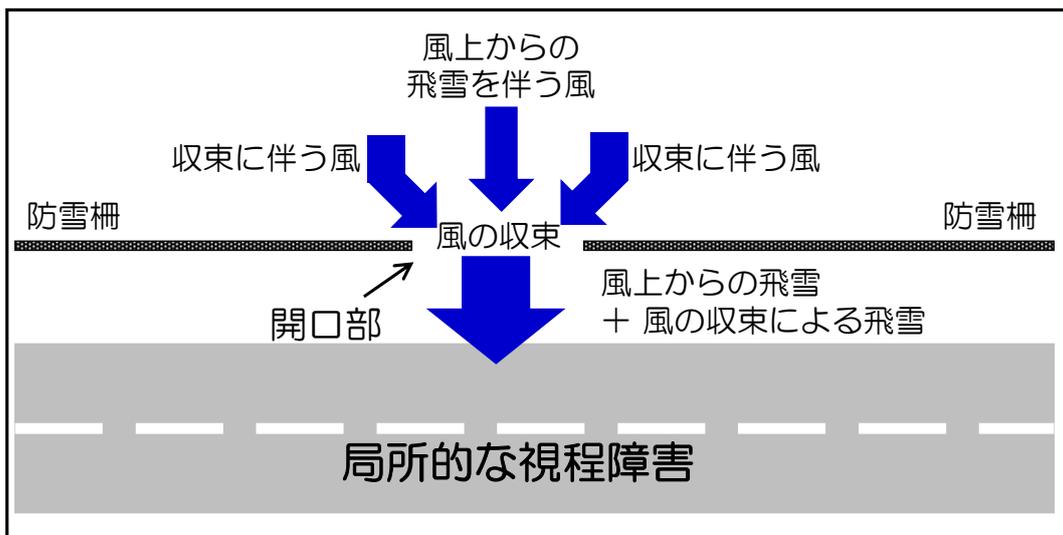


図2.1.3 防雪柵の開口部における視程障害の発生機構（エンドエフェクト）

「道路吹雪対策マニュアル（平成23年改訂版）」<sup>1)</sup>の図を基に作成。

(3) 開口部における視程障害の観測事例

図2.1.4は、移動気象観測車による防雪柵開口部の視程と風向風速の観測事例<sup>9)</sup>である。視程は、観測値（図2.1.4(b)）とそれを移動平均した値（図2.1.4(d)）である。視程の移動平均値とは、観測点の前後5 mの範囲における視程の平均値（10 m移動平均）である。風向は防雪柵にほぼ直交しており、図には道路上の吹きだまりと積雪の範囲も示す（図2.1.4(a)）。

図2.1.4より、防雪柵の開口部（延長: 22 m）では、防雪柵の設置区間に比べて風速が増加して15 m/s以上になり、また視程は低下して100 m未満になっている。図中の赤線は、開口部を除く防雪柵設置区間の平均値である。移動平均の視程がこの平均値（赤線）を下回る箇所および風速の観測値がこの平均値（赤線）を上回る箇所をエンドエフェクトの影響範囲とすると、この観測事例<sup>9)</sup>では開口部に加えて防雪柵設置区間のうち最大8 m程度（図2.1.4(d)の緑丸部分）の区間が、エンドエフェクトの影響範囲と考えられる。このエンドエフェクトの影響範囲については、他の観測事例<sup>8), 9), 20)</sup>でも同様な結果が示されている。

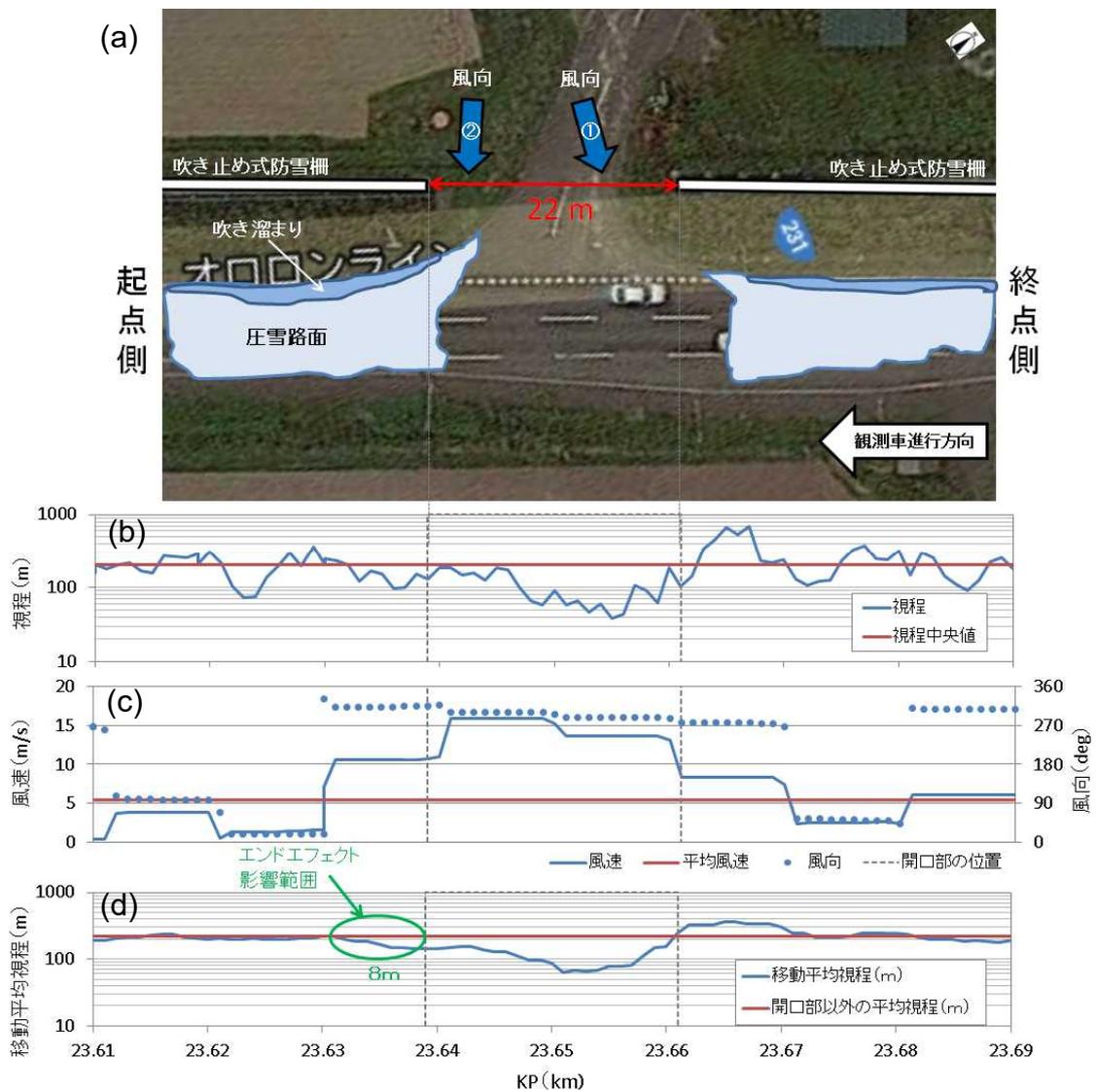


図2.1.4 防雪柵の開口部周辺の風速と視程の観測事例<sup>9)</sup>  
移動気象観測車による観測結果。

(4) 開口部における視程障害と吹雪時の風向との関係

防雪柵開口部における風速が防雪柵設置区間の風速より大きくなる傾向は、風向に依存する。図2.1.5は、石狩吹雪実験場の現地観測において、開口部の風速と基準点（防雪柵から風上側へ20 m離れた箇所）の風速の比をとり、風速比として風向別にまとめた結果<sup>21)</sup>である。この図から、風向が防雪柵に対して直交する方向を中心に概ね45°の範囲のときに開口部の風速が大きくなり、エンドエフェクトの影響が強く現れる。特に、直交風のときの開口部における風速増加が顕著である。一方、風向が防雪柵の直交方向に対して45°以上斜めとなる斜風時では風速の中央値は低下するが、風速の最大値は基準点より大きい傾向となる。このような風向と開口部における風速の関係は、他の観測事例<sup>22)</sup>や数値シミュレーションによる風速分布の解析<sup>21)-23)</sup>、防雪柵模型を用いた風洞実験<sup>24)</sup>でも確認されている。視程においても、実寸大の防雪柵を用いた現地観測の結果<sup>19), 25), 26)</sup>、吹雪時の風向が防雪柵に直交する場合に視程が低下する傾向にある（図2.1.2参照）。

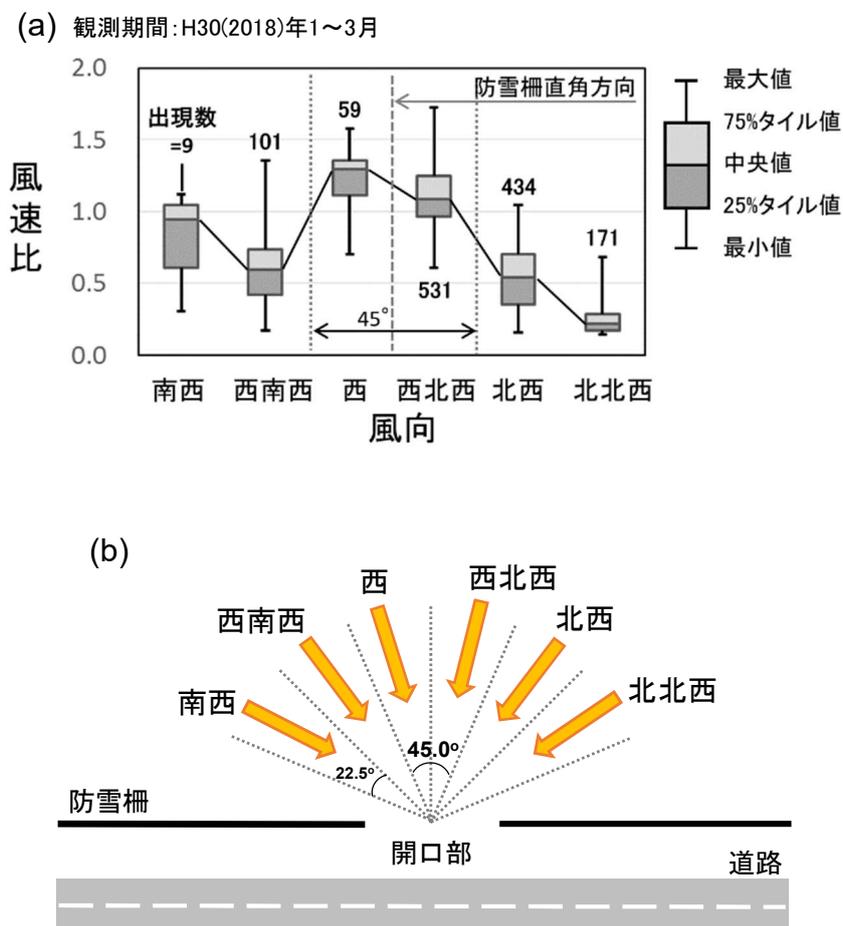


図2.1.5 風向と防雪柵開口部における風速の関係<sup>21)</sup>

石狩吹雪実験場における(a)実寸大の防雪柵を用いた観測結果、(b)開口部と風向の関係。

(5) 開口部における視程障害と開口部延長との関係

開口部における風速の増加と視程の低下およびこれらの程度は、開口部の延長（幅）にも依存し、開口部の延長が長いほど風速が大きく視程は低下する<sup>9), 20), 27)</sup>。また、開口部の延長が長いほど、道路上の強風範囲が広がり、より風下側の車線にも強風域が広がる<sup>24)</sup>。例えば、図2.1.6と図2.1.7に示す移動気象観測車による観測の結果<sup>20), 27)</sup>によると、開口部延長が8 m以上の場合に風速の増加や視程の低下が顕著になり、エンドエフェクトによる影響の出現頻度が高くなる。特に開口部延長が12 m以上になると、開口部延長が8 m未満の場合に比べて、開口部における風速の中央値は1.5倍以上、視程の中央値は30 %以下になる<sup>27)</sup>。このように、開口部延長の増加に伴いエンドエフェクトによる影響の出現頻度は高くなり、開口部延長が比較的狭い場合にはエンドエフェクトによる影響の出現頻度は低くなる。

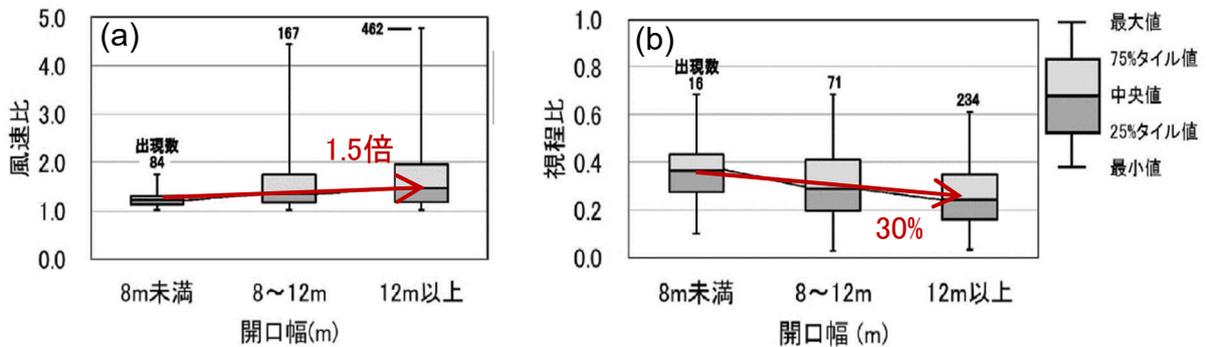


図2.1.6 開口部延長と防雪柵開口部における(a)風速と(b)視程の関係<sup>27)</sup>

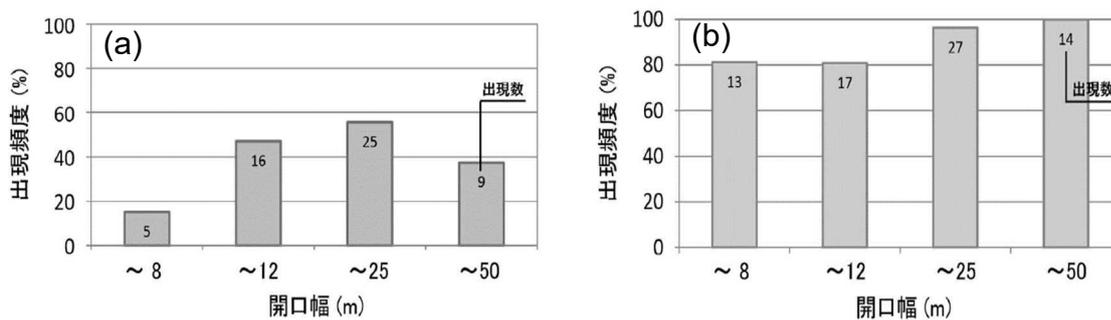


図2.1.7 開口部延長とエンドエフェクトによる影響の出現頻度の関係<sup>27)</sup>

(a) 風速への影響の出現頻度、(b) 視程への影響の出現頻度。

## 2.2 開口部の視程障害による運転への影響

防雪柵の開口部においてドライバーの運転挙動に影響を与える主な要因は、局所的な視程の低下である。視程の低下に伴いアクセル踏量やハンドル操作角等の運転挙動に変化が現れ、車速の低下や車両間の速度差を招く可能性がある。

### 【解説】

#### (1) 吹雪時の視程障害による運転への影響の一般的特徴

吹雪によるドライバーの運転挙動への影響は、視程の低下とともに現れる。視程が200 m程度になると走行速度が徐々に低下し始め<sup>28)・30)</sup>、視程が100 m未満になると走行速度の低下が顕著になる<sup>28)</sup>。視程が100 m未満になると、アクセル操作等の運転挙動の変化<sup>28)</sup>に伴い車両間の走行速度の差が大きくなり<sup>31)</sup>、車間距離が短くなって危険な状況<sup>32)・33)</sup>になる。例えば、視程200～100 mのときの平均走行速度は、吹雪の発生していない積雪期の視程1000 m以上における平均走行速度の88.8%に低下し、視程100 m未満のときの平均走行速度は、その79.7%に低下する(図2.2.1)<sup>29)</sup>。

なおドライバーの吹雪時の視認距離は日中と夜間で異なり、例えば同じ視程でも日中の方が夜間よりもドライバーの視認距離は短く<sup>34)</sup>、冬の視程障害による事故は日中の明るい時間帯に多い<sup>31)・35)</sup>。また、視程計による視程の計測値と目視による視認距離には差があり<sup>14)・36)</sup>、視程の計測値が100 mを超えていても、肉眼で見える最も近い目標物までの距離が見かけ上0 mになることがある<sup>15)</sup>。

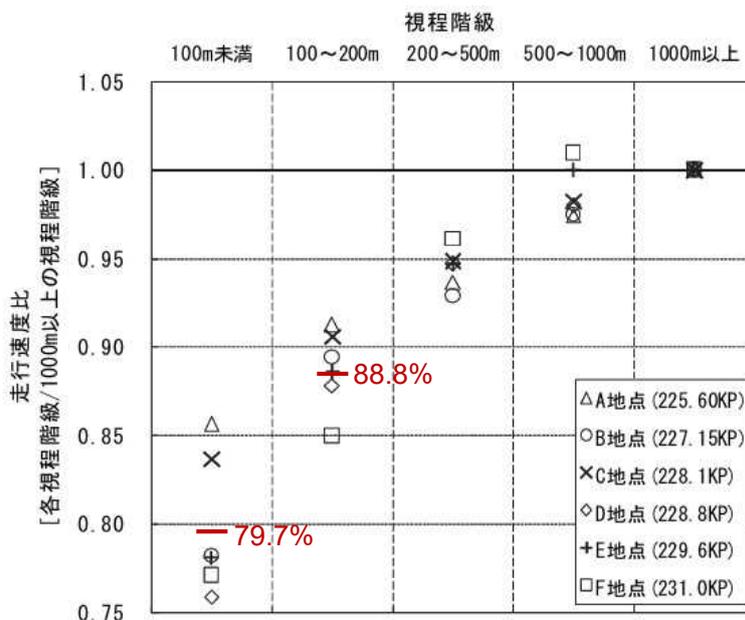


図2.2.1 視程と走行速度比の関係<sup>29)</sup>

走行速度比は、視程1000 m以上のときの走行速度との比。

(2) 開口部における視程障害と運転への影響

防雪柵の開口部では、防雪柵の設置区間に比べて視程が低下し、視程100 m未満になる場合がある（2.1参照）<sup>8)</sup>、<sup>9)</sup>、<sup>20)</sup>、<sup>37)</sup>。開口部において視程が100 m未満になると、車両の走行速度やアクセル踏量、ハンドル操作角等の運転挙動の変化が大きくなる<sup>38)</sup>。

防雪柵の開口部における運転挙動の具体例を、図2.2.2～図2.2.4に示す。これらの図は、移動気象観測車による観測結果<sup>38)</sup>に基づいて、開口部を含めた防雪柵区間における平均風速と平均視程に対して、平均車速、アクセル踏量、ハンドル操作角の関係を示したものである。図2.2.2と図2.2.3に示す箱ひげ図の区分は、下から最小値、25%タイル値、中央値、75%タイル値、最大値である。

平均車速（図2.2.2）について、風が強くと視程が低下するほど車速が低下する傾向にある。特に視程100 m以下の場合における車速の中央値は、20 km/h程度と大幅に低下した。また、アクセル踏量の中央値（図2.2.3）と風速との関係は明確ではないが、視程100 m以下の場合にアクセル踏量が顕著に小さくなり、これが車速の低下に影響したと考えられる。視程の低下に伴い道路形状や視的目標物の視認が困難となるため<sup>28)</sup>、アクセル踏量を減少させて速度を抑える傾向にあると考えられる。なお、視程が低下した場合や風速の急変があった場合には、アクセル操作に加えてブレーキ操作を行う傾向もある<sup>38)</sup>。

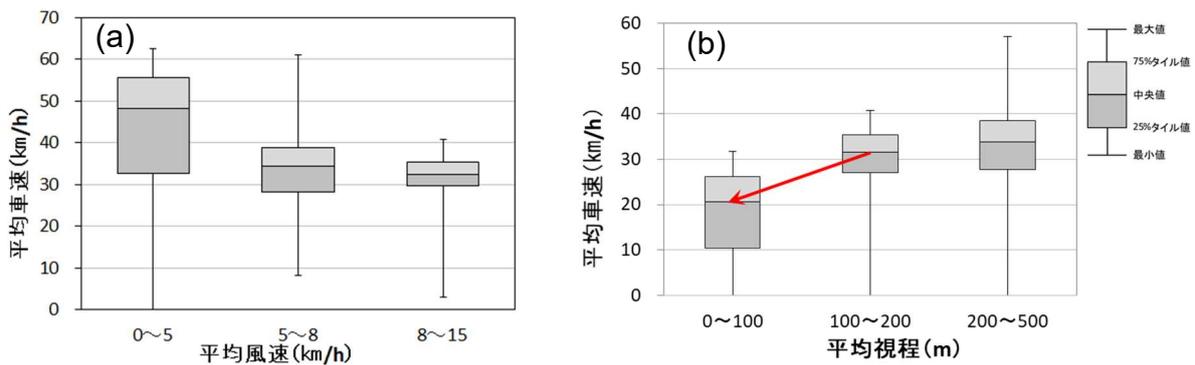


図2.2.2 開口部における平均車速と(a)平均風速、(b)平均視程の関係<sup>38)</sup>

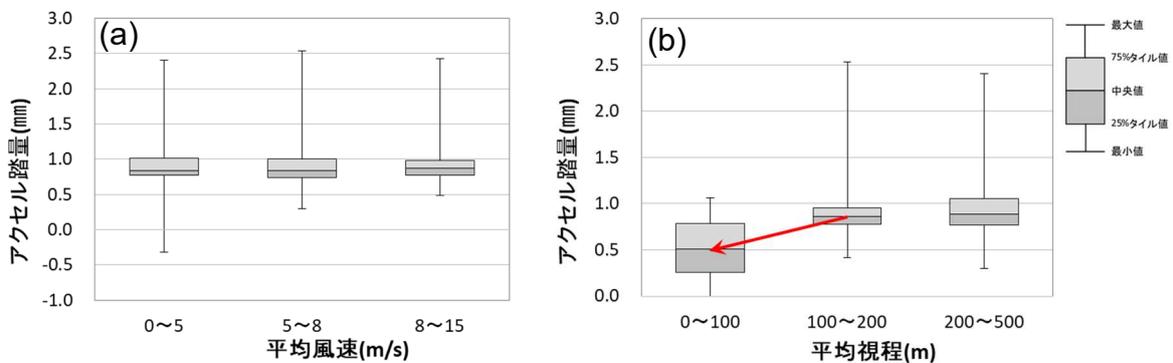


図2.2.3 開口部におけるアクセル踏量と(a)平均風速、(b)平均視程の関係<sup>38)</sup>

ハンドル操作角（図2.2.4）については、風速との関係は明確ではないが、視程が100 m以下となる場合に標準偏差（ばらつき）が顕著に大きくなった。図2.2.4以外の観測事例<sup>27)</sup>でも、視程が低下した場合や風速の急変があった場合に、ハンドル操作角の変化が大きくなる傾向がみられる。この理由として、平均視程が100 m以下に低下して視的目標物の視認が困難となって車両位置が直進方向からずれた場合、吹雪の合間に目標物を視認出来た際に直進方向の元の位置に戻ろうとして急なハンドル操作が行われたためと考えられる。

以上の観測事例のように、防雪柵の開口部において車両の運転挙動に影響を与える主な要因は、視程の低下であり、これに伴いアクセル踏量やハンドル操作角、ブレーキ操作の運転挙動に変化が現れ车速が低下する傾向がある。これらの傾向は、視程が100 m以下になると顕著になる。

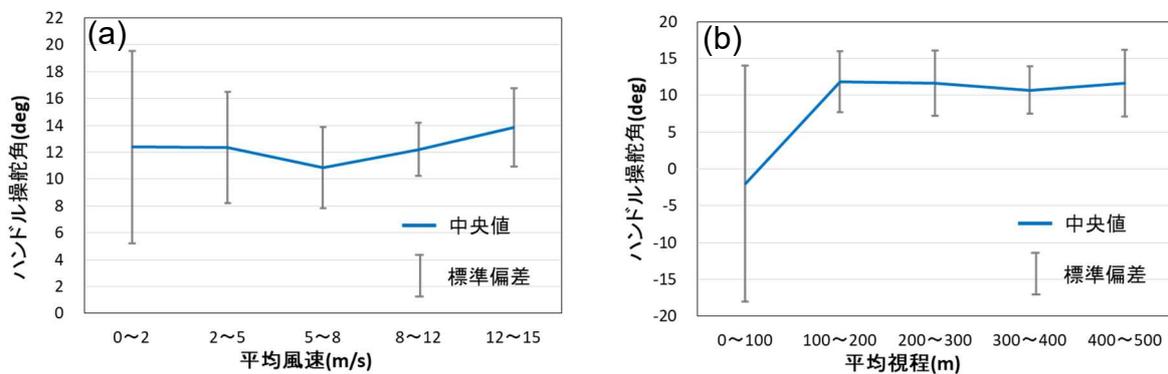


図2.2.4 開口部におけるハンドル操作角と (a) 平均風速、(b) 平均視程の関係<sup>38)</sup>

### (3) 開口部の視程障害と事故発生との関連性について

図2.2.2(b)の視程と车速の関係を見ると、視程100 m以下の場合に车速が著しく低下し、またその変化幅（図中の箱の高さ、つまり75 %タイル値と25 %タイル値の差）が大きくなる。このことは車両間の走行速度の差が大きくなることを意味し、車間距離が短くなって危険な状況<sup>31)-33)</sup>になる可能性があることを示唆する。防雪柵の開口部における視程の低下は、開口部周辺の局所的かつ一時的な現象である場合もあり、その全ての箇所で著しい運転挙動の変化をもたらすものではないが、図2.2.2～図2.2.4に示す観測事例からは、開口部における視程の低下が交通障害や事故等の要因になり得る可能性が示唆される。

### 3. 防雪柵の開口部対策

#### 3.1 開口部対策の目的

防雪柵の開口部対策の目的は、開口部における局所的な視程障害や視程の急変を緩和すること、および開口部において路側や道路線形の吹雪時の視認性を高めることにより、冬期道路交通安全性を確保することである。

#### 【解説】

防雪柵の開口部対策の目的は、開口部における局所的な視程障害や視程の急変を緩和すること、および開口部において路側や道路線形の吹雪時の視認性を高めることにより、冬期道路交通安全性を確保することである。開口部の局所的な視程障害を緩和するための対策（3.3(2)参照）には、冬期のみ設置可能な形式の防雪柵や仮設柵等で開口部を塞ぐ方法、防雪柵を延伸して開口部の延長を狭める方法、抵抗物（副防雪柵等）を設置して収束する風と飛雪を制御する方法があり、吹雪時において開口部の路側や道路線形の視認性を高めるための方法（3.3(3)参照）には視線誘導施設を設置する方法がある。

### 3.2 開口部対策の必要性の検討

防雪柵の開口部対策を実施する際は、対策する箇所における視程障害の程度や頻度、交通量や事故履歴等の現地の交通実態等に基づいて対策の必要性を検討する。

#### 【解説】

##### (1) 開口部対策の必要性の検討について

防雪柵の開口部対策を実施する場合、まず対策する箇所における視程障害の程度や頻度、交通量や事故履歴等の現地の交通実態等に基づいてその必要性を検討する。ただし、道路の交差点や橋梁など対策施設を設置することが困難な箇所もあるので、次の3.3で示す開口部対策を実施することが可能か、現地の道路構造等も考慮して対策の必要性を検討することが望ましい。

##### (2) 開口部における視程障害の程度や頻度の把握について

防雪柵の開口部対策の必要性を検討するにあたり、対策する箇所における視程障害の程度や頻度を把握する。防雪柵の開口部における視程障害は局所的な場合が多く、ある程度の視程が確保できればその前方を視認しながら通過できることもある。例えば、開口部延長が長いほど、防雪柵設置区間に比べて開口部における視程低下の程度は大きくなるが、開口部延長が比較的狭い場合にはエンドエフェクトの影響による視程低下の出現頻度は低くなる（2.1参照）。一方、局所的であっても視程が極端に低下する場合には車両の走行が困難となることがある（2.2参照）。開口部でこのような視程障害が頻発する場合には、開口部対策の実施を検討する。

視程障害の程度や頻度について、それらの記録があれば活用する。こうした記録がない場合には、維持作業へのヒアリング調査等により、維持作業からみた防雪柵開口部における吹雪時の作業の困難性を把握することも一つの方法である。例えば、維持作業からみて防雪柵の開口部において視程障害や吹きだまりの規模が大きく作業に支障をきたしている場合は、開口部対策実施の判断の一つの目安になると考えられる。また必要に応じて、現地観測や現地調査により視程障害の実態を直接把握する方法<sup>1)</sup>、<sup>39)</sup><sup>41)</sup>や、数値シミュレーション解析<sup>1)</sup>、<sup>18)</sup>等により開口部における風の収束状況や視程障害の状況を再現する方法も対策の必要性を検討するための有効な手段と考えられる。

##### (3) 開口部における交通実態の把握について

局所的な視程障害は車両間の速度差を招く<sup>32)</sup>、<sup>33)</sup>（2.2参照）ため、特に交通量が多い路線では、現地の交通実態を考慮した上で対策の必要性を検討することが望ましい。防雪柵の開口部における局所的な視程障害によって交通事故が実際に発生している場合は、基本的には対策の必要性が高いと判断される。

##### (4) 開口部対策の必要性を検討するためのその他の技術的事項

防雪柵の開口部対策の必要性を検討する際は、「道路吹雪対策マニュアル（平成23年改訂版）」<sup>1)</sup>の吹雪危険度や吹雪対策施設の適用条件、防雪柵の基本計画等も参考にするとよい。

### 3.3 開口部対策の種類

防雪柵の開口部対策には、開口部の風や飛雪を制御して局所的な視程障害を緩和する方法と、開口部における路側や道路線形の吹雪時の視認性を高める方法がある。

#### 【解説】

##### (1) 開口部対策の種類

防雪柵の開口部対策には、開口部の局所的な視程障害や視程の急変を緩和する方法として、冬期のみ設置可能な防雪柵や仮設柵等で開口部を塞ぐ方法（図3.3.1(a)）、防雪柵の延伸により開口部延長を狭める方法（図3.3.1(b)）、抵抗物（副防雪柵等）を設置して収束する風と飛雪を制御して視程障害を緩和する方法（図3.3.1(c)）がある。開口部対策のもう一つの方法は、視線誘導施設（スノーポール、固定式視線誘導柱等）の設置により開口部の路側や道路線形の吹雪時の視認性を高める方法である（図3.3.1(d)）。表3.3.1に、これら開口部対策の種類と特徴を示す。

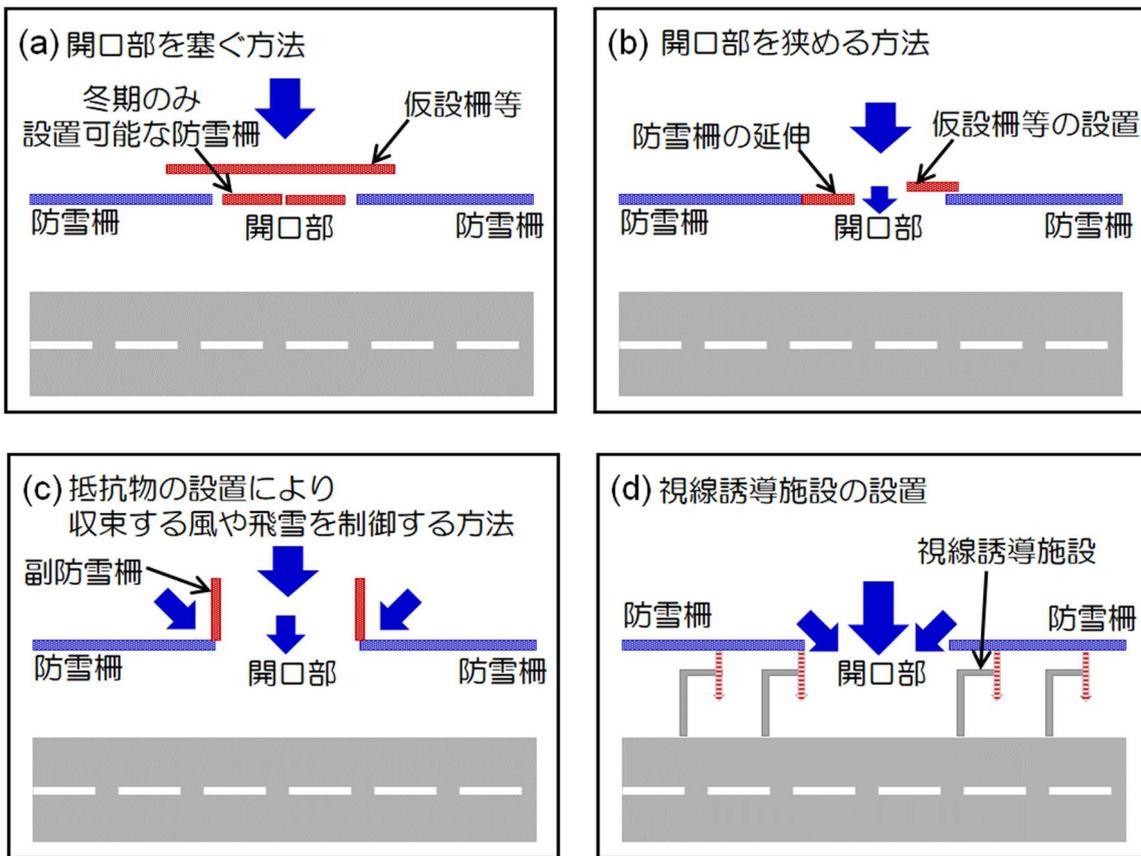


図3.3.1 防雪柵開口部における施設による対策の模式図

「道路吹雪対策マニュアル（平成23年改訂版）」<sup>1)</sup>の図を参考に作成。

表3.3.1 開口部対策の種類と特徴

種類	方法	特徴
局所的な視程障害を緩和する方法	開口部を塞ぐ方法 (図3.3.1(a))	<ul style="list-style-type: none"> <li>冬期末使用の農地への取付道路等に限られる</li> <li>毎年の設置と撤去が必要</li> </ul>
	開口部を狭める方法 (図3.3.1(b))	<ul style="list-style-type: none"> <li>冬期末使用の農地への取付道路等に限られる場合がある</li> <li>開口部延長を十分に狭めることができない場合は効果を見込めない</li> </ul>
	抵抗物(副防雪柵等)の設置により収束する風や飛雪を制御する方法 (図3.3.1(c))	<ul style="list-style-type: none"> <li>副防雪柵には複数の種類がある</li> <li>副防雪柵の種類によっては用地確保が必要となる</li> <li>副防雪柵の詳細は3.5~3.7を参照</li> </ul>
吹雪時の路側や道路線形の視認性を高める方法	視線誘導施設の設置 (図3.3.1(d))	<ul style="list-style-type: none"> <li>視程低下を改善するものではない</li> <li>自発光式の視線誘導施設もある</li> </ul>

(2)局所的な視程障害を緩和する方法について

開口部対策のうち冬期のみ設置可能な形式の防雪柵や仮設柵等で開口部を塞ぐ方法(図3.3.1(a))は、開口部を無くすことにより、また防雪柵の延伸により開口部延長を狭める方法(図3.3.1(b))は、開口部延長をできるだけ短くしてエンドエフェクトの影響による視程障害の出現頻度を低下させる方法である。これらのいくつかの事例を後述の4.4に示す。ただし、これらの対策方法は、冬期末使用の交差道路や農地等への取付道路における開口部のみに実施することができる限定された方法である。

抵抗物(副防雪柵(写真3.3.1)等)を設置する方法は、防雪柵の開口部における風上側からの飛雪や風の収束を制御して、開口部風下側の道路上へ侵入する飛雪の量を減少させて視程障害や視程の急変を緩和させる方法である。副防雪柵は、仮設応急的に冬期間のみ設置することもできる。



写真3.3.1 副防雪柵(L字型副防雪柵)の例

(3) 吹雪時の路側や道路線形の視認性を高める方法について

もう一つの開口部対策である視線誘導施設の設置による方法は、開口部における局所的な視程低下を改善するものではないが、吹雪時の開口部の路側や道路線形の視認性を高めて冬期道路交通の安全性を向上させる方法である。視線誘導施設には、視線誘導標（写真3.3.2(a)）、スノーポール（写真3.3.2(b)）、固定式視線誘導柱（写真3.3.2(c)）、視線誘導樹（写真3.3.2(d)）等があり、その詳細は「道路吹雪対策マニュアル（平成23年改訂版）」<sup>1)</sup>の第4編、第3章「視線誘導施設」を参照されたい。

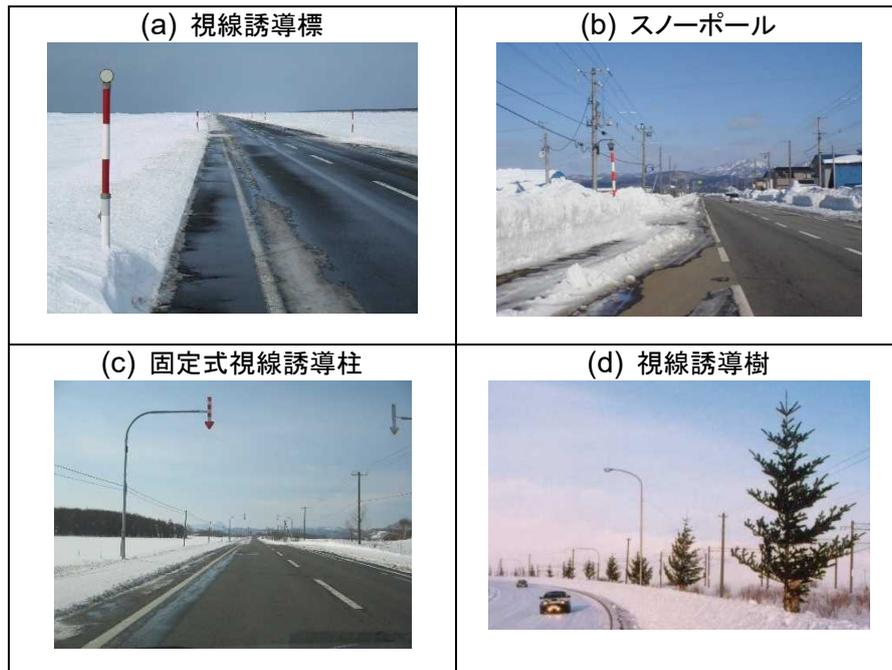


写真3.3.2 視線誘導施設の例<sup>1)</sup>

### 3.4 開口部対策の選定

防雪柵の開口部において視程障害の緩和等の対策が必要と判断される場合は、各対策方法の利点や留意事項等の特徴と現地の各条件を勘案して対策方法を選定する。また、対策施設の選定では整備費や維持費等も考慮して総合的に判断する。

#### 【解説】

##### (1) 開口部の対策方法の選定について

防雪柵の開口部において視程障害の緩和等の対策が必要と判断される場合は、各対策方法の利点や留意事項等の特徴（表3.3.1）と現地の各条件を勘案して対策方法を選定する。現地における各条件とは、吹雪時の卓越風向等の気象条件、道路構造や周辺の土地利用状況に付随する対策施設を設置することが可能な用地確保の可否、現地における交通実態等である。さらに、対策施設の選定では整備費や維持費等も考慮して総合的に判断する必要がある。

開口部における対策方法の選定の一つの考え方として、冬期のみ設置可能な形式の防雪柵や仮設柵、飛雪を制御する常設の副防雪柵等の施設による対策を主と考えてその実施の可否を検討する。これらの対策が困難な場合や対策すべき箇所数が多く費用の観点からこれらの施設の設置が現実的ではない場合には、視線誘導施設の設置による対策を検討する。以下では、開口部における対策方法の選定に関する着眼点を説明する。

##### (2) 局所的な視程障害を緩和する方法の選定に関する着眼点

局所的な視程障害を緩和する方法の選定において、開口部が冬期末供用の農地等への取付道路の場合は、冬期のみ設置可能な形式の防雪柵（例えば、4.4の脱着式基礎や門扉式の防雪柵）や仮設柵の設置によって開口部を塞ぐ方法と、防雪柵を延伸して開口部を狭める方法がある。本線の防雪柵が夏期に収納される形式の場合、本線の防雪柵の設置や収納の作業に合わせて、これら開口部における柵を設置および撤去すると効率的である。ただし、道路構造に起因して防雪柵を設置できないために開口部が生じている場合は、これらの方法を実施できないことが多い。これらの方法の実施が難しく、防雪柵の開口部において局所的な視程障害が著しい場合には、副防雪柵等の抵抗物の設置を検討することになる。

副防雪柵（L字型副防雪柵）の利点や留意事項等の特徴については、3.5～3.7で説明する。ただし、常設の副防雪柵を設置するほとんどの場合、交差点付近等の用地条件の制約を受けることが想定される。そのため、道路用地条件等については、副防雪柵による対策を計画する段階でなるべく詳細な情報を事前に調査しておくことが望ましい。副防雪柵を開口部に設置する場合、仮設応急的に冬期間のみ設置することも選択肢として考えられる。なお、副防雪柵の設置を検討する場合は、対策施設の材料費や施工費、設置に必要な用地の取得費用の有無等も考慮して、総合的な観点から対策方法を選定することが望ましい。また、取付道路から本線に出入りする車両の視界を妨げないよう配慮が必要となる。

開口部を塞ぐ方法や防雪柵を延伸する方法、副防雪柵等の抵抗物を設置する方法の実施が困難な場合は、視線誘導施設により開口部における路側や道路線形の吹雪時の視認性を高める方法を検討することになる。

##### (3) 吹雪時の路側や道路線形の視認性を高める方法の選定に関する着眼点

視線誘導施設は、吹雪による視程障害を緩和する施設ではなく、開口部の路側や道路線形の吹雪時の視認性を高めるための施設であることに留意が必要である。そのため、副防雪柵等の対策を実施することができない場合

の二次的な対策方法として位置付けられる。「道路吹雪対策マニュアル（平成23年改訂版）」<sup>1)</sup>によると、視線誘導施設の設置間隔は40～80 m以下となる。具体的な視線誘導施設（視線誘導標、スノーポール、固定式視線誘導柱、視線誘導樹等）の選定や配置、適用条件等については、「道路吹雪対策マニュアル（平成23年改訂版）」<sup>1)</sup>の第4編、第3章「視線誘導施設」を参照されたい。

### 3.5 副防雪柵の特徴

防雪柵開口部に副防雪柵を設置することにより、開口部における局所的な視程障害や強風を緩和することができる。ただし、副防雪柵の視程障害や強風を緩和する効果の程度は、吹雪時の風向等の現地条件により異なる。

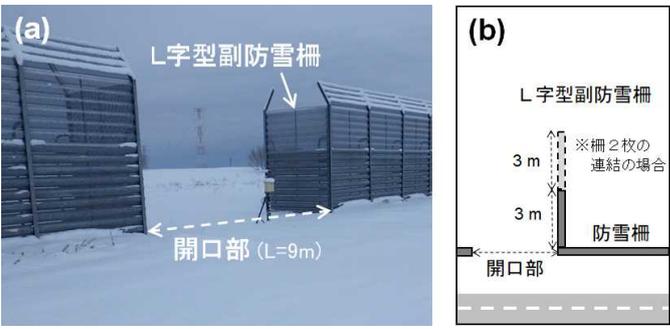
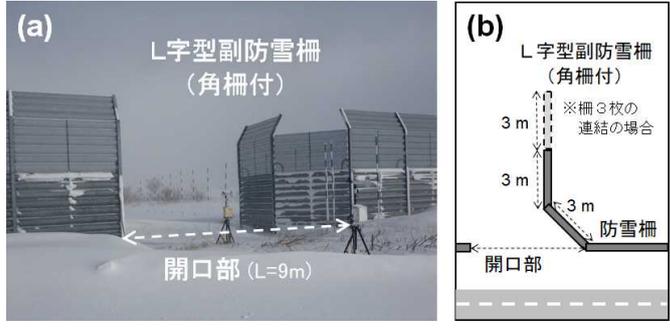
#### 【解説】

#### (1) 副防雪柵について

防雪柵開口部の対策施設である副防雪柵を、表3.5.1に示す。この副防雪柵は、L字型副防雪柵と呼ばれる。L字型副防雪柵は、防雪柵開口部の視程急変緩和対策として、延長の短い柵を本線の防雪柵に対して直角に設置（端部をL字型に加工）したもの（表3.5.1の①）<sup>1), 7), 37)</sup>である。L字型副防雪柵には、道路交差部の道路形状に合わせて、延長の短い柵を45°の角度で繋ぎ合わせた角柵付のL字型副防雪柵（表3.5.1の②）もある。

副防雪柵を防雪柵開口部に設置する際は、表3.5.1に示す副防雪柵の配置や特徴と、3.6「副防雪柵による開口部対策の実施」および3.7「副防雪柵の設置」で説明する現地条件と対策効果との関係等を参考に検討を行う。なお、L字型副防雪柵は、実際の道路における施工実績があり視程障害を緩和する効果を有することが確認されている<sup>9), 37), 42)</sup>。以下では、L字型副防雪柵の対策効果に関する特徴を説明する。

表3.5.1 L字型副防雪柵

副防雪柵の種類	外観と平面配置図の例	副防雪柵の構造や配置の特徴
①L字型副防雪柵		<ul style="list-style-type: none"> <li>延長の短い柵を本線の防雪柵に対して直角に接続したもの。</li> <li>接続する柵の延長は、3～9 mの範囲が多い。</li> <li>実際の道路における施工実績あり。</li> </ul>
②L字型副防雪柵（角柵付）		<ul style="list-style-type: none"> <li>延長の短い柵を本線の防雪柵に対して45°の角度で繋ぎ合わせたもの。角柵付とも言う。</li> <li>接続する柵の延長は、3～9 mの範囲が多い。</li> <li>実際の道路における施工実績あり。</li> </ul>

## (2) L字型副防雪柵の特徴

L字型副防雪柵の設置による視程急変や強風の緩和効果について、これまでに実際の道路における移動気象観測<sup>9), 37), 42)</sup>や石狩吹雪実験場での現地観測<sup>25), 26)</sup>、防雪柵模型を用いた風洞実験<sup>43)-46)</sup>、防雪柵周辺の気流を再現する数値シミュレーション解析<sup>18), 22), 47)</sup>が実施され、L字型副防雪柵の設置により防雪柵開口部の視程低下や風速増加が緩和される効果があることが確認されている。例えば、L字型副防雪柵を設置した開口部では、設置しない場合に比べて吹雪時の視程が100 m未満となる割合が16 %から6 %に減少し<sup>37)</sup>、副防雪柵の設置によってドライバーのアクセルやブレーキ操作のばらつきが小さく車速の低下が抑えられる傾向があることも確認されている<sup>42)</sup>。また、図3.5.1に示すように、開口部における風速の増加と視程の低下は、副防雪柵の有無に関わらず開口部の延長（幅）が大きくなるほど顕著になるが、L字型副防雪柵を設置した場合には風速の増加と視程の低下が抑えられる<sup>9)</sup>。ただし、開口部延長が8 m以下の狭い開口部では、副防雪柵の有無による風速と視程の違いは明確ではない<sup>9)</sup>。一方、L字型副防雪柵の模型を用いた風洞実験<sup>24)</sup>によると、開口部の延長が長い（実寸大の20 m相当）とその強風緩和効果は弱くなる傾向がある。この傾向は図3.5.1でもみられ、開口部延長が長いとL字型副防雪柵の有無による風速と視程の差はやや小さくなる傾向がある。

L字型副防雪柵の設置により、開口部における視程障害や強風を緩和する効果を期待することができるが、吹雪時の風向が本線の防雪柵に直交する場合等の気象条件によっては、L字型副防雪柵の設置により風が強まり視程が低下する場合もある<sup>18), 24)-26), 43)-48)</sup>。例えば、防雪柵周辺の風速分布に関する数値シミュレーション解析<sup>18), 47)</sup>によると、L字型副防雪柵を開口部の両側に設置した場合、風向が防雪柵に直交すると、副防雪柵を設置しない場合よりも開口部における気流の収束が強まり風速が増加する。この特徴は防雪柵模型を用いた風洞実験<sup>24), 46)</sup>や実寸大の防雪柵を用いた現地観測<sup>25), 26)</sup>でも確認されている。また、角柵付のL字型副防雪柵を開口部の片側に設置した場合でも、風洞実験<sup>24), 43), 44)</sup>や数値シミュレーション解析<sup>22), 25), 47)</sup>より、直交風時における風速増加の特徴が確認されている。

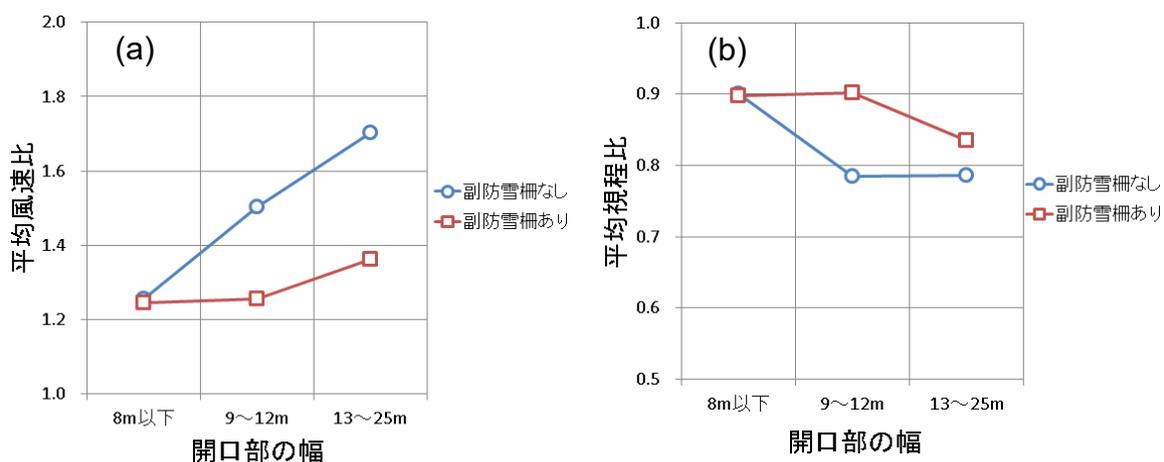


図3.5.1 開口部延長と(a)風速比、(b)視程比の関係<sup>9)</sup>

L字型副防雪柵が設置されている開口部 (□) と設置されていない開口部 (○) の移動気象観測による比較。

風速比：開口部とその前後の防雪柵設置箇所区間における風速の最大値／平均値

視程比：開口部とその前後の防雪柵設置箇所区間における視程の最低値／中央値

### 3.6 副防雪柵による開口部対策の実施

副防雪柵による開口部対策を実施する際は、副防雪柵の利点や留意事項等の特徴と、対策を行う箇所の吹雪時の気象状況や設置に必要な用地確保の可否などの現地条件、設置にかかる費用等を勘案して総合的な観点で行う。

#### 【解説】

#### (1) 副防雪柵による開口部対策を実施する際の主な着眼点

ここでは、L字型副防雪柵を単に副防雪柵と呼ぶ。防雪柵の開口部に副防雪柵を設置する際は、3.5で示した副防雪柵の利点や留意事項等の特徴と、対策を行う箇所の現地条件や設置にかかる費用等を勘案して、総合的な観点から検討を行う。現地条件の主なものは、吹雪時の卓越風向等の気象条件、副防雪柵を設置することが可能な用地確保の可否等である。

表3.6.1に、副防雪柵による開口部対策を行う際の主な着眼点として、吹雪時の卓越風向、設置に必要な用地幅、設置にかかる費用に対する副防雪柵の特徴を示す。吹雪時の卓越風向は、副防雪柵の開口部における片側設置または両側設置を判断するための基本的な情報となる。副防雪柵の設置に必要な用地幅については、吹き止め柵の設置位置が路肩端から6.5～10mであることに基づき、これを含めた用地幅を求めた。対策する箇所の道路構造や開口部の土地利用状況に基づく用地確保の可否等に関連して、副防雪柵を設置できない場合も考えられる。設置にかかる費用は、個別の副防雪柵の材料費や施工費に加えて、路線全体や工区全体において対策すべき開口部の箇所数に基づく総費用の観点からも検討する必要がある。なお、対策する箇所がこれらの条件に合致せず副防雪柵を設置できない場合は、3.4で示す別の開口部対策方法を検討する。

表3.6.1 副防雪柵による開口部対策を行う際の主な着眼点

副防雪柵の種類	設置方法	吹雪時の卓越風向に対する緩和効果※		設置に必要な用地幅 (本線の吹き止め柵を含む)	設置にかかる費用
		斜風	直交風		
L字型副防雪柵 (柵2枚の場合) (表3.5.1①)	片側	○	△	路肩端から 12.5～16.0m	防雪柵の2スパン分の費用
	両側	◎	△		片側設置の2倍
L字型副防雪柵 (角柵付) (柵3枚の場合) (表3.5.1②)	片側	○	△	路肩端から 14.6～18.1m	防雪柵の3スパン分の費用
	両側	◎	△		片側設置の2倍

◎：顕著な効果あり、○：効果あり、△：条件により効果が低減する場合がある。

※これらは視程低下と風速増加を緩和する効果を相対的に表したものである。

## (2) 吹雪時の卓越風向について

防雪柵の開口部において局所的な視程障害や強風が顕著になるのは、主に吹雪時の風向が防雪柵に対して直交する方向を中心とした $45^\circ$ の範囲である(2.1参照<sup>21)~26)</sup>。特に風向が防雪柵に直交する場合、開口部における視程低下が大きくなる<sup>25), 26)</sup>。図3.6.1に、防雪柵と風向の大まかな関係を示す。

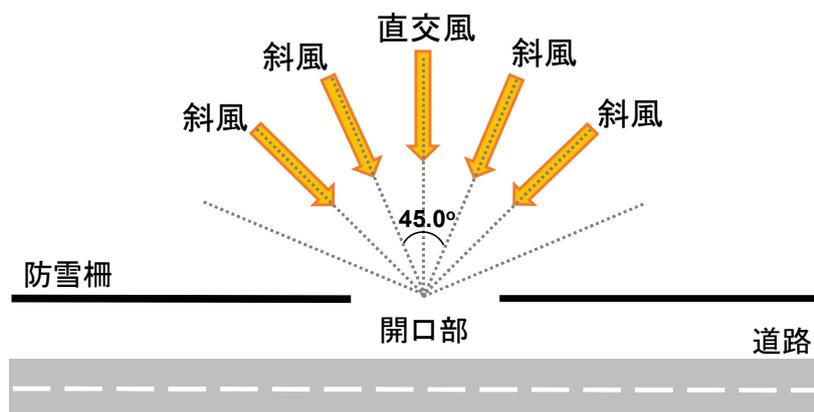


図3.6.1 防雪柵と風向の関係

副防雪柵を設置する際、視程障害の緩和の観点から開口部の両側に設置するとより高い効果を見込むことができる<sup>25), 26)</sup>。ただし、開口部の両側に副防雪柵を設置すると、設置にかかる費用は片側設置の2倍となる。そのため、対策する箇所の吹雪時の卓越風向(主風向)を調査して、卓越風向が防雪柵に対して斜め方向に偏る場合は、卓越する風向側の開口部の片側のみに副防雪柵を設置すると効果的である。設置した側からの斜風の際は、副防雪柵の形状に関わらず、強風を緩和する効果がみられる<sup>24), 43), 44), 46)</sup>。その他、両側設置と片側設置に関しては、3.7(4)を参照されたい。

吹雪時の卓越風向が本線の防雪柵に直交する場合、副防雪柵を開口部に設置すると風速が逆に強まる傾向がある(3.5(2)参照<sup>18), 24)~26), 46), 47)</sup>。この傾向は、副防雪柵を開口部の両側に設置した場合に顕著となるが、片側に設置した場合<sup>25), 26)</sup>でも同様な傾向となる場合がある。一方、直交風時の視程について、副防雪柵を開口部の片側に設置した場合の視程低下の緩和効果は明確ではないが、両側に設置した場合は効果を有するとの現地観測結果<sup>25)</sup>もあり、風速とはやや異なる傾向になる場合がある。

吹雪時の卓越風向の調査には、現地観測<sup>40), 41)</sup>や近傍の気象観測データの解析<sup>1)</sup>の他、雪況調査による風紋や吹きだまり形状から把握する方法<sup>39)</sup>、吹雪時の風況を再現する数値シミュレーション解析<sup>18)</sup>がある。また、過去の事故事例など個別の事例で副防雪柵の設置を検討する際は、これら複数の方法により多角的に調査することや気象状況や道路構造等の現地状況を反映させた詳細な数値シミュレーション解析による事例解析も有効な方法である。図3.6.2に、参考として、現地観測によって視程ごとの風向別頻度を調べた例<sup>19)</sup>を示す。

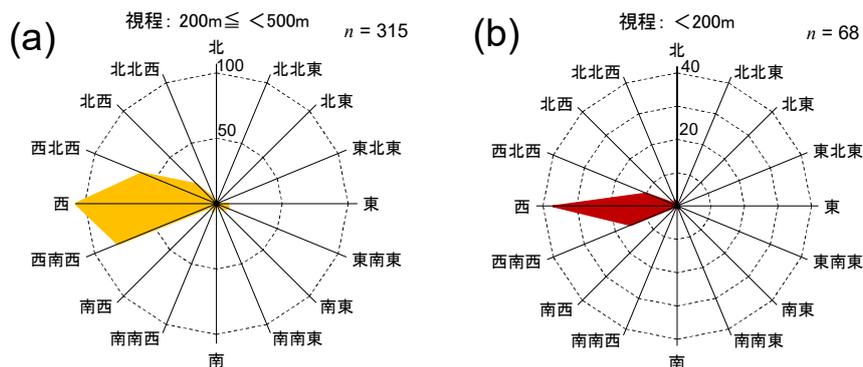


図3.6.2 現地観測による吹雪時の風向別頻度の例<sup>19)</sup>

(a) 視程が200 m以上かつ500 m未満の場合、(b) 視程200 m未満の場合の風向別頻度。

### (3) 設置に必要な用地幅について

副防雪柵を開口部に設置する際、ほとんどの場合で用地の確保が必要となり、交差点付近や取付道路等の用地条件の制約を受ける。そのため、副防雪柵による開口部対策を計画した段階で、道路用地条件に関する詳細な情報を事前に調査しておくことが望ましく、吹雪時の卓越風向等の気象条件を勘案しながら現地で確保可能な用地幅に応じて副防雪柵を設置することとなる。

### (4) 設置にかかる費用について

現在使われている防雪柵（吹き止め柵）の支柱は、3 m間隔で施工される場合が多い。本技術資料(案)で示した現地観測を行った副防雪柵<sup>25)、26)</sup>は、既存の防雪柵の1 スパン分（幅3 m）の柵を使用している。特別な加工等は必要ない。よって、副防雪柵の材料費は、基本的に1 スパン分（幅3 m）の柵の枚数とそれに伴う各部材の数量によって決まる。自立式の防雪柵（図3.6.3）を用いる場合、副防雪柵の構造により数量が変化する部材は、主に柵端部の送り止めと基礎である。これらの数量を比較した例を表3.6.2に示す。副防雪柵の材料費は、表3.6.2の数量にそれぞれの単価を乗じて概算するとよい。なお、表3.6.2の数量は、開口部の片側にこれらの副防雪柵を設置する場合であり、開口部の両側に設置する場合はその2倍の数量となる。

実際の副防雪柵の設置には、これら部材の費用に加えて、副防雪柵の設置や接続加工等の施工費、また必要に応じて用地取得費用が必要となる。なお施工費は、路線全体や工区全体における副防雪柵の設置数等にも影響するので、対策が必要な箇所数と副防雪柵の構造（3.7参照）が決まった段階で別途見積りにより確認する必要がある。

表3.6.2 副防雪柵の主要部材の数量の例

副防雪柵の種類 (片側設置)	防雪板 (幅3 m、支柱含む)	送り止め	基礎（コンクリート ブロックの場合）
L字型副防雪柵 (柵2枚の場合) (表3.5.1①)	2 (6 m)	1*	2
L字型副防雪柵 (角柵付) (柵3枚の場合) (表3.5.1②)	3 (9 m)	1*	3

※本線の既設の防雪柵の送り止めを活用できる場合は不要。

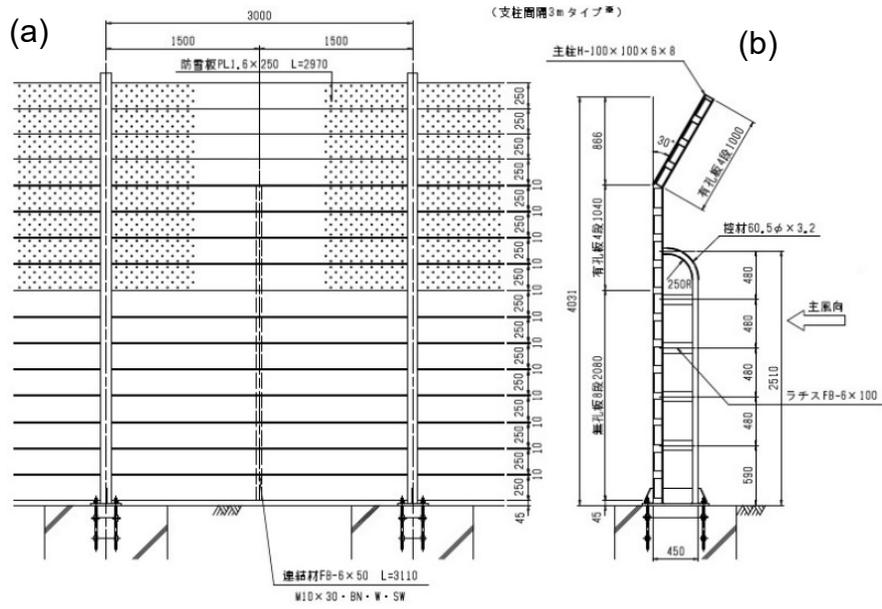


図3.6.3 防雪柵(吹き止め柵)の(a)正面図と(b)側面図の例  
「北海道開発局道路設計要領 第6集 標準設計図集」より

### 3.7 副防雪柵の設置

防雪柵開口部に副防雪柵を設置する場合は、本線側の防雪柵の構造を参考に副防雪柵を構成する防雪板や柵高を検討する。また、副防雪柵を設置する際は、交差点付近におけるドライバーの視距の確保等にも留意する。

#### 【解説】

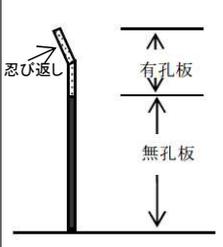
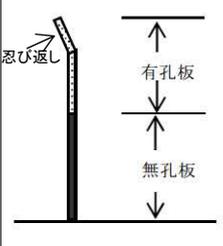
#### (1) 副防雪柵の設置について

防雪柵の開口部に副防雪柵を設置する場合は、本線側の防雪柵の構造を参考に副防雪柵を構成する防雪板や柵高を検討する。また、吹雪時の卓越風向や本線側の既設の防雪柵と開口部との位置関係、開口部の土地利用状況や交差道路の状況等の現地条件に基づいて、副防雪柵の延長等を検討する。なお、副防雪柵を設置する際は、交差点付近におけるドライバーの視距の確保等にも留意する。以下では、これらについて説明を行う。

#### (2) 副防雪柵を構成する防雪板

本技術資料(案)で示す防雪柵の開口部対策は、吹き止め柵の開口部を対象としている(1.2参照)。よって、副防雪柵を構成する防雪板等の構造は、本線における既設の吹き止め柵と基本的には同じである。吹き止め柵の構造について、「道路吹雪対策マニュアル(平成23年改訂版)」<sup>1)</sup>によると、吹き止め柵全体の空隙率は0~10%であり、上部は有孔板(空隙率30%程度)、下部は無孔板で構成されることが多く、上部の有孔板の範囲は柵高に対して1/2~1/3程度とされている(表3.7.1)。

表3.7.1 吹き止め柵の防雪板の構成例<sup>1)</sup>

種別及び構造	施工事例など	長短所
 <p>1/3有孔板 (2/3無孔板)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>吹きだまり量と用地の関係から、施工事例が多い。</li> <li>盛土構造での吹き止め柵として適用されることが多い。</li> </ul>	<p>【長所】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>全無孔板に比較して柵上部の風の乱れを防止する。</li> <li>全無孔板に比較して柵を埋雪させずに長く機能を維持させることができる。</li> </ul> <p>【短所】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ドライバーの目線に無孔板が位置する場合は、側方視界を遮り圧迫感を与える。</li> </ul>
 <p>1/2有孔板 (1/2無孔板)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>開発局の道路工事標準図集に掲載されている。</li> <li>施工事例は多い。</li> </ul>	<p>【長所】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ドライバーの視認性や圧迫感、柵の機能維持などのバランスから標準的仕様とされている。</li> <li>柵を埋没させずに、より長く機能を維持させることができる。</li> </ul> <p>【短所】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>路面が柵の位置より高いと、十分な視程障害緩和効果が得られない可能性がある。</li> </ul>

### (3) 副防雪柵の柵高

副防雪柵の柵高は、本線における既設の吹き止め柵と同程度の柵高とすることが望ましい。本線の吹き止め柵に設けられることが多い柵上部の「忍び返し」(表3.7.1)は、副防雪柵においては必ずしも必要ではない。忍び返しを設けないことにより本線の柵高より低くなるが、忍び返しが無い場合でも開口部における視程低下と強風の緩和効果を有することが実寸大の防雪柵を用いた現地観測(写真3.7.1(a))<sup>25)</sup>、<sup>26)</sup>や防雪柵模型を用いた風洞実験<sup>49)</sup>によって確認されている。なお、忍び返しは、路側近くに高い柵を設置することからドライバーに与える圧迫感を和らげることを意図したものである<sup>5)</sup>、<sup>6)</sup>。

### (4) 両側設置と片側設置

吹雪時の卓越風向が防雪柵に対して斜めとなる場合は、副防雪柵を開口部の片側のみに設置することで十分効果的である(3.6(2)参照)。また、吹雪時の卓越風向が防雪柵に直交する場合や開口部の左右にばらつく場合は、開口部の両側に副防雪柵を設置することを検討する。ただし、直交風が顕著に卓越する場合は、副防雪柵の直交風時の強風と視程低下の緩和効果に関する特徴、用地の確保等の制約条件も勘案して、設置する副防雪柵を検討することが望ましい(3.6(2)参照)。

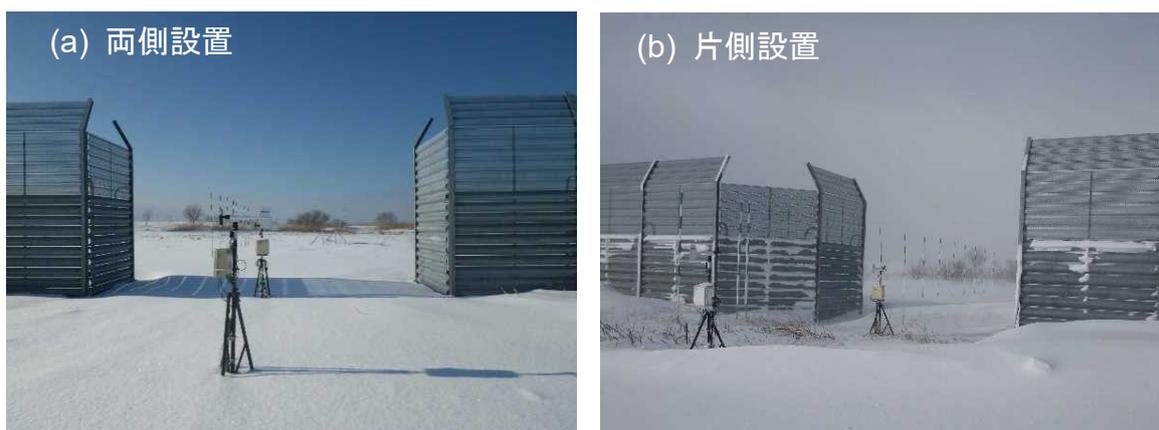


写真3.7.1 現地観測における副防雪柵の(a)両側設置と(b)片側設置の例  
L字型副防雪柵を開口部の(a)両側に設置した例と、(b)片側に設置した例。

### (5) 副防雪柵の延長

数値シミュレーション解析<sup>18)</sup>、<sup>47)</sup>によると、吹雪時の風向が防雪柵に直交する場合に、副防雪柵(L字型副防雪柵)を開口部の両側に設置すると、開口部における気流の収束が強まり風速が増加する傾向がある。この傾向は、副防雪柵の延長が長いほど顕著となる。また、防雪柵の模型を用いた風洞実験<sup>43)</sup>、<sup>45)</sup>によると、副防雪柵を開口部の片側に設置した場合、副防雪柵の延長が長い場合(実寸大の6 mおよび9 m相当)より、延長が短い場合(実寸大の3 m相当)の方が開口部の風速増加を軽減し、この傾向は直交風のみならず、副防雪柵を設置した側からの斜風や設置しない側からの斜風の際もみられた。これらの結果から、用地確保等の問題から副防雪柵を1スパン分(幅3 m)しか設置できない場合でも、その強風の緩和効果を見込むことができると考えられる。視程障害の緩和の程度と副防雪柵の延長との関係は現時点では不明であるが、飛雪流量は風速と比例の関係にある(2.1参照)ことから、視程低下の緩和も見込むことができると考えられる。

(6) その他の留意事項

副防雪柵を開口部に設置する際は、以下の点にも留意する。

防雪柵の開口部において副防雪柵を設置する場合は、交差点付近の視距の確保等にも留意する必要がある。特に、道路本線の防雪柵の端部よりも交差道路側に副防雪柵を近づける場合は、交差道路側の一時停止線からの視距が現状よりも確保しにくくなる場合があるので、設置範囲の検討時に確認する必要がある。

また、道路本線の法尻には、農業用の明渠等の排水構造物、地下埋設物（排水管、情報ボックス管路や占用物件である上下水道管、通信ケーブル等）がある場合があるため、事前に試掘等の調査を行うことが望ましい。特に、明渠は幅が広いと、副防雪柵が明渠を跨ぐか設置できない場合があることに留意する必要がある。

## 4. 開口部対策に関するその他の技術的事項

### 4.1 新たな副防雪柵による開口部対策

新たな形式の副防雪柵には、斜行柵群と鉤型副防雪柵（くの字型副防雪柵）がある。これらの副防雪柵は、実際の道路での施工実績はないが、現地観測等により開口部における視程障害や強風を緩和する効果が確認されている。

#### 【解説】

##### (1) 新たな形式の副防雪柵について

本技術資料(案)の3章「防雪柵の開口部対策」では、実際の道路において施工実績のあるL字型副防雪柵について説明を行った。L字型副防雪柵以外の新たな形式の副防雪柵として、表4.1.1に示す斜行柵群と鉤型副防雪柵（くの字型副防雪柵）が提案されている。これらの副防雪柵は、実際の道路における施工実績はないが、実寸大の防雪柵を用いた現地観測<sup>19), 50)-52)</sup>や防雪柵模型を用いた風洞実験<sup>49), 53), 54)</sup>、数値シミュレーションによる防雪柵周辺の風速分布の解析<sup>18), 48)</sup>により、開口部における視程障害や強風を緩和する効果が確認されている。以下では、これらの副防雪柵の特徴を説明する。

表4.1.1 新たな形式の副防雪柵

副防雪柵の種類	外観と平面配置図の例	副防雪柵の構造や配置の特徴
①斜行柵群 (柵3枚の場合)		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 複数枚の延長の短い柵を各々の設置角度を変えて配置したもの。</li> <li>• 本線の防雪柵とは離して設置する。</li> <li>• 実際の道路での施工実績はないが、現地観測等で視程障害の緩和効果が確認されている。</li> <li>• 柵の枚数は、4枚と3枚のタイプがある。</li> </ul>
②鉤型副防雪柵 (くの字型副防雪柵)		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 延長の短い柵2枚を直角に連結したもの。</li> <li>• 本線の防雪柵とは離して設置する。</li> <li>• 実際の道路での施工実績はないが、現地観測等で視程障害の緩和効果が確認されている。</li> </ul>

(2) 斜行柵群の特徴

本線の防雪柵に直交する風向でも開口部における視程障害を緩和できる副防雪柵の開発を目的として、副防雪柵の設置角度を変えた場合の防雪柵周辺の風速分布に関する数値シミュレーション解析（図4.1.1）<sup>18), 48)</sup>が実施され、風向に対して直角に副防雪柵を配置すること（図4.1.1(d)）により、開口部における強風域が小さくなることが示された。また、道路と平行に吹く風や飛雪を効果的に低減させる防雪柵の配置として、柵を一定間隔で斜めに並べて配置したヘリンボン柵（図4.1.2）がある<sup>47), 55)</sup>。これらの既往技術も参考に、防雪柵に直交する風と斜めからの風の両方に対して開口部における視程障害の緩和効果を有するように、防雪柵の1スパン分（幅3 m）の柵を複数枚並べて配置した副防雪柵（表4.1.1の①）を考案した<sup>18), 48)</sup>。この副防雪柵を「斜行柵群」と呼ぶ。

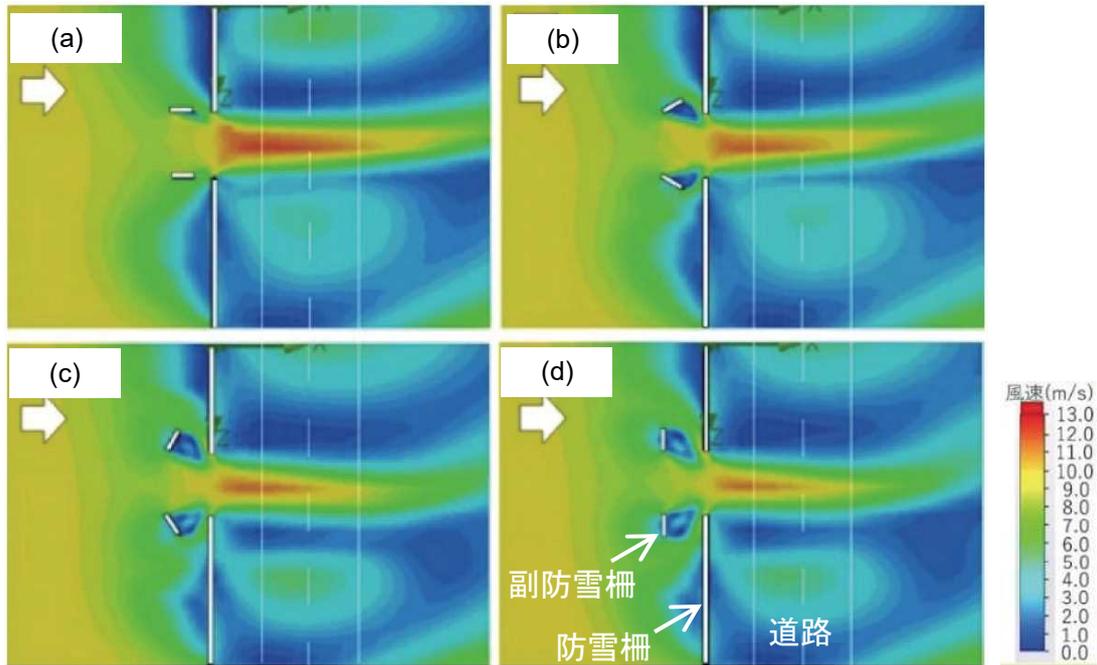


図4.1.1 1スパン分（幅3 m）の柵の設置角度を変化させた場合の数値シミュレーション解析による風速分布<sup>18)</sup>  
柵の設置角度は、風向（矢印）に対して(a)0°、(b)30°、(c)60°、(d)90°。

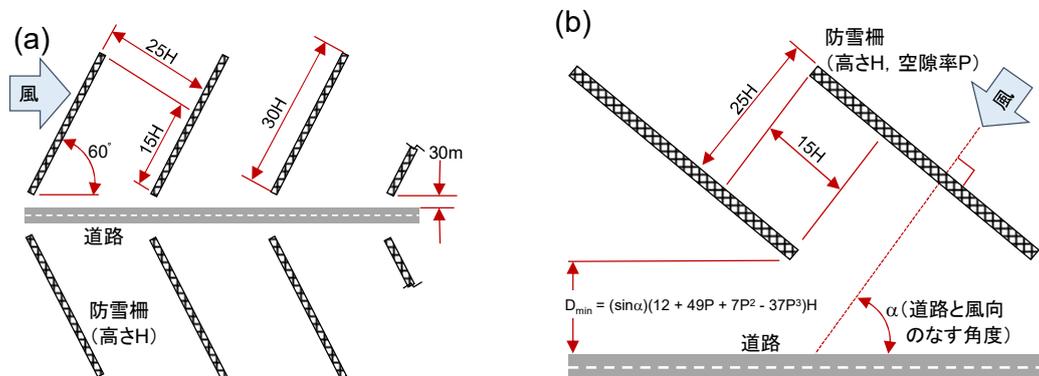


図4.1.2 ヘリンボン柵<sup>55)</sup>

(a)道路中心線に沿った風に使われたヘリンボン柵の配置、(b)道路と風向のなす角度  $\alpha$  が55°以下の場合は、柵を風向に対して直角に配置する。

斜行柵群による防雪柵開口部における強風の緩和効果について、数値シミュレーション解析<sup>18), 48)</sup>や防雪柵模型を用いた風洞実験<sup>49), 53)</sup>が行われ、風向が防雪柵に対して直交する際にも強風が緩和されることが確認された。また、実寸大の防雪柵を用いた現地観測<sup>19), 50)-52)</sup>では、斜行柵群による直交風時の開口部における視程障害や強風の緩和効果（図4.1.3(a)）と、視程低下（例えば、視程200 m未満）の観測数が減少する効果が確認された。斜行柵群によるこれらの効果は、斜風の場合でもみられ、開口部の片側に設置した場合は、特に斜行柵群を設置した側からの斜風時にその効果が顕著に現れる<sup>19), 50), 51)</sup>。

### (3) 鉤型副防雪柵（くの字型副防雪柵）の特徴

斜行柵群は3～4枚の柵から構成され、開口部の両側に設置する場合はその倍の数量が必要になる。一方、副防雪柵の設置にかかる用地の制約や整備費を鑑みれば、柵の枚数は可能な限り少なく、かつ設置に要する面積はできるだけ小さい方が望ましい。そこで、柵の枚数をより少なくして設置に必要な用地幅を小さくするため、防雪柵の1スパン分（幅3 m）の柵2枚を直角に連結して本線の防雪柵から離して設置する副防雪柵（表4.1.1の②）を考案した<sup>18), 48)</sup>。この副防雪柵を、「鉤型副防雪柵（くの字型副防雪柵）」と呼ぶ。

鉤型副防雪柵による防雪柵開口部における強風の緩和効果について、数値シミュレーション解析<sup>18), 48)</sup>や防雪柵模型を用いた風洞実験<sup>49), 53)</sup>が行われ、直交風時の開口部風下側における強風域の縮小等の強風緩和効果が確認された。また、実寸大の防雪柵を用いた現地観測<sup>52)</sup>でも、直交風時の開口部における鉤型副防雪柵の視程低下の緩和効果（図4.1.3(b)）が確認され、この緩和効果は斜風の場合でもみられる。

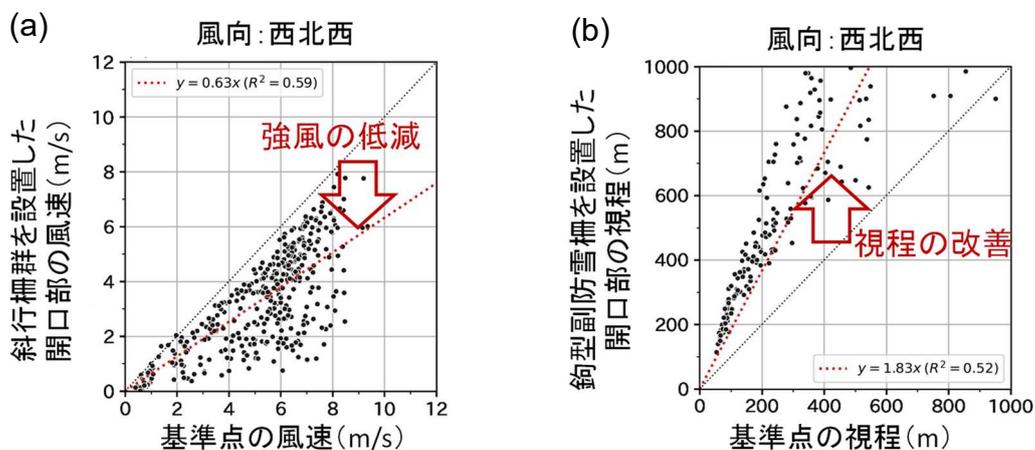


図4.1.3 斜行柵群と鉤型副防雪柵（くの字型副防雪柵）の現地観測結果の例<sup>52)</sup>

防雪柵の風上50 mの基準点における観測値と、(a)斜行柵群を設置した開口部の風速の観測値、(b)鉤型副防雪柵（くの字型副防雪柵）を設置した開口部の視程の観測値を比較した例。

## 4.2 新たな副防雪柵を設置する場合の留意点

新たな形式の副防雪柵を設置する場合は、L字型副防雪柵を含めた各副防雪柵の利点や留意事項等の特徴と、対策を行う箇所の吹雪時の気象状況や設置に必要な用地確保の可否などの現地条件、設置にかかる費用等を勘案して総合的な観点で検討を行う。

### 【解説】

#### (1) 新たな形式の副防雪柵を設置する場合の主な留意点

防雪柵の開口部に新たな形式の副防雪柵を設置する際は、L字型副防雪柵（3.5～3.7参照）を含めた各副防雪柵の利点や留意事項等の特徴と、対策を行う箇所の現地条件や設置にかかる費用等を勘案して、総合的な観点から副防雪柵を選定する等の検討を行う。現地条件の主なものは、L字型副防雪柵（表3.6.1）と同様に、吹雪時の卓越風向等の気象条件と、副防雪柵を設置することが可能な用地確保の可否である。表4.2.1に、新たな形式の副防雪柵による開口部対策を実施する際の主な留意点として、吹雪時の卓越風向、設置に必要な用地面積、設置にかかる費用に対する各副防雪柵の特徴を示す。

表4.2.1 新たな形式の副防雪柵による開口部対策を実施する際の主な留意点

副防雪柵の種類	設置方法	吹雪時の卓越風向に対する緩和効果※		設置に必要な用地幅 (本線の吹き止め柵を含む)	設置にかかる費用
		斜風	直交風		
斜行柵群 (表4.1.1①)	片側	◎	○	路肩端から 18.5～22.0m	L字型副防雪柵に比べて高い
	両側	◎	◎		片側設置の2倍
鉤型副防雪柵 (くの字型副防雪柵) (表4.1.1②)	片側	◎	○	路肩端から 12.5～16.0m	L字型副防雪柵と同等かやや高い
	両側	◎	◎		片側設置の2倍

◎：顕著な効果あり、○：効果あり、△：条件により効果が低減する場合がある。

※これらは視程低下と風速増加を緩和する効果を相対的に表したものである。

#### (2) 吹雪時の卓越風向について

斜行柵群や鉤型副防雪柵は、吹雪時の卓越風向が本線の防雪柵に直交する場合でも視程低下や強風増加の緩和効果を有することが現地観測<sup>49), 50)~52)</sup>、防雪柵模型を用いた風洞実験<sup>49), 53), 54)</sup>、数値シミュレーション解析<sup>18), 48)</sup>で確認されている。よって、吹雪時の卓越風向が防雪柵に直交する場合は、斜行柵群や鉤型副防雪柵の設置を検討するとよい。ただし、吹雪時の風向が防雪柵に対して常に直交方向になることは稀である。よって、直交風の頻度が極めて高いか、他の風向とわずかの差で直交方向の頻度が高いか等に着目し、吹雪時に直交風が卓越する程度や頻度がそれほど高くない場合は、用地幅等の条件も考慮してL字型副防雪柵を選択する考え方もある。

### (3) 設置に必要な用地幅について

副防雪柵の設置に必要な用地幅は、L字型副防雪柵（表3.6.1）、斜行柵群と鉤型副防雪柵（表4.2.1）で異なる。本技術資料(案)で示すL字型副防雪柵、斜行柵群、鉤型副防雪柵のうち、設置に必要な用地幅が最も小さいのはL字型副防雪柵（表3.6.1）であり、次いで、鉤型副防雪柵、斜行柵群（表4.2.1）の順に用地幅は大きくなる。ただし、L字型副防雪柵が最も小さい用地幅となるが、前述したように吹雪時の風向が本線の防雪柵に直交する場合は、鉤型副防雪柵や斜行柵群に視程障害の緩和効果において優位性があるので、用地確保の可否と対策による効果、設置にかかる費用等を勘案して総合的な観点から副防雪柵を選定することが望ましい。

### (4) 設置にかかる費用について

本技術資料(案)で示す斜行柵群と鉤型副防雪柵<sup>19), 50)-52)</sup>は、既存の防雪柵の1スパン分（幅3 m）の柵を使用しており、これらの副防雪柵のために新たに製作や加工をしたものではない。よって、これらの副防雪柵の材料費は、L字型副防雪柵と同様、基本的に1スパン分（幅3 m）の柵の枚数とそれに伴う各部材の数量によって決まる。斜行柵群と鉤型副防雪柵を開口部の片側に設置する際の各部材の数量の例を表4.2.2に示す。

各部材の数量について、L字型副防雪柵（表3.6.2）と斜行柵群および鉤型副防雪柵（表4.2.2）と比較すると、L字型副防雪柵は、防雪柵本体と連結した構造であり、必要な柵の枚数が2枚であれば、鉤型副防雪柵や斜行柵群より材料費の点で有利となる。一方、斜行柵群は、幅3 mの柵3～4枚を単体で設置するため、送り止めや基礎の数がL字型副防雪柵や鉤型副防雪柵のそれより多くなり、材料費がやや高くなる。鉤型副防雪柵の材料費は、L字型副防雪柵と斜行柵群の間となり、L字型副防雪柵（柵3枚を使用）の場合と同程度か、やや安価となる。

表4.2.2 新たな形式の副防雪柵の主要部材の数量の例

副防雪柵の種類 (片側設置)	防雪板 (幅3 m、支柱含む)	送り止め	基礎（コンクリート ブロックの場合）
斜行柵群 (表4.1.1①)	3 (9 m)	3	6
鉤型副防雪柵 (くの字型副防雪柵) (表4.1.1②)	2 (6 m)	1	3

### (5) 新たな形式の副防雪柵の構造に関するその他の技術的事項について

本技術資料(案)で示す斜行柵群と鉤型副防雪柵<sup>19), 50)-52)</sup>の防雪板等の構造は、L字型副防雪柵（3.7）と同様に、本線における既設の吹き止め柵と基本的に同じである。また、本線の吹き止め柵に設けられることが多い柵上部の「忍び返し」（表3.7.1）は、これらの副防雪柵においては必ずしも必要ではない。忍び返しが無い場合でも開口部における視程低下と強風の緩和効果を有することが実寸大の防雪柵を用いた現地観測<sup>19), 52)</sup>や防雪柵模型を用いた風洞実験<sup>53), 54)</sup>によって確認されている。

斜行柵群で使用する柵の枚数に関する数値シミュレーション解析<sup>18), 48)</sup>と防雪柵模型を用いた風洞実験<sup>49), 53), 54)</sup>によると、柵の枚数を4枚から3枚に減らした場合でも、直交風と斜風のいずれの風向においても強風を緩和する効果があることが確認されている。実寸大の防雪柵を用いた現地観測<sup>19), 50)-52)</sup>では、3枚の柵を用いた斜行柵群を

開口部の片側に設置して、直交風と斜風のいずれの場合でも視程低下の緩和効果を有することが確認されている。

また、斜行柵群の3枚の柵の設置角度について、防雪柵模型を用いた風洞実験<sup>54)</sup>により設置角度ピッチが22.5°と30°の場合(図4.2.1)で比較した結果、30°の角度ピッチで斜行柵群を配置する方が、強風を緩和する効果が高いことが示された。実寸大の防雪柵を用いた現地観測<sup>19), 50)-52)</sup>では、3枚の柵を30°の角度ピッチで設置した斜行柵群(表4.1.1①)を開口部の片側に設置し、視程障害を緩和する効果が確認されている。

以上より、斜行柵群で使用する柵の枚数は3枚、その設置角度ピッチは30°(図4.2.1(b))がよいと考えられる。

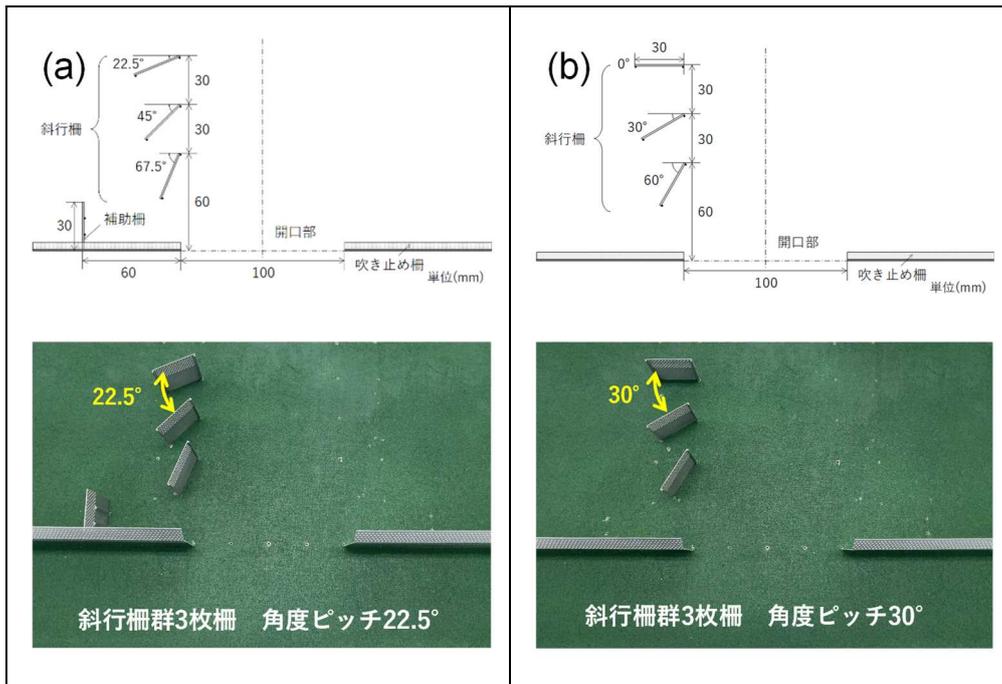


図4.2.1 斜行柵群の設置角度ピッチ

防雪柵模型を用いた風洞実験における斜行柵群の設置角度ピッチと設置の例。10 mmは実寸大の1mに相当。

### 4.3 防雪柵の端部対策について

本技術資料(案)で示した防雪柵の開口部対策は、防雪柵の端部における視程急変の緩和対策としても活用することができる。

#### 【解説】

本技術資料(案)は、主に防雪柵の開口部における対策について取りまとめたが、防雪柵の整備区間の末端となる端部でも視程や風速の急変が発生する<sup>1), 8), 42)</sup>。図4.3.1に示すように、防雪柵の端部で視程が低下する区間は数m～20 m程度であり<sup>1), 8)</sup>、防雪柵の整備区間と未整備区間における視程の急な変化を和らげる等の対策が必要な場合がある<sup>1)</sup>。

防雪柵の端部における局所的な視程急変や視程障害の緩和対策については、現地観測や実験等によるデータや知見に限られるが、本技術資料(案)で示した副防雪柵等の対策は、端部対策にも活用できると考えられる。例えば、防雪柵の端部における移動気象観測<sup>42)</sup>の結果によると、L字型副防雪柵の設置により視程の急変を緩和させる効果がみられたとの例がある。また、防雪柵の端部に1条狭帯林等の抵抗部を設置することにより視程の急変を緩和することができるとする数値シミュレーション解析結果<sup>56)</sup>がある他、擬木板を端部に配置した対策事例(4.4(2)参照)もある<sup>1)</sup>。

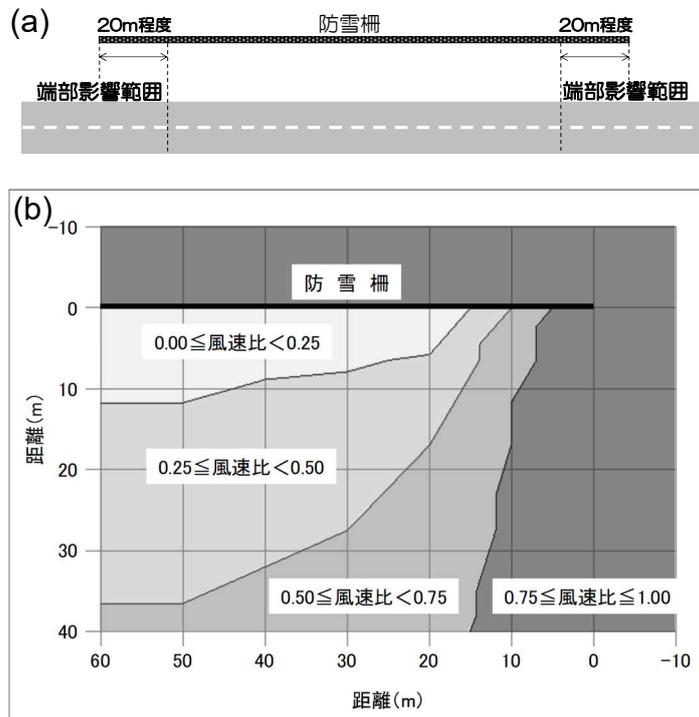


図4.3.1 防雪柵端部の(a)影響範囲と(b)風速比<sup>1)</sup>

風速比は、直交風の場合で防雪柵なしの風速に対する比。

#### 4.4 開口部と端部の対策事例

防雪柵開口部の対策施設の施工事例として、L字型副防雪柵の他、門扉式の柵の設置や脱着式の基礎を用いた防雪柵を採用した事例等がある。また、防雪柵の端部対策には、擬木板を配置して視程の急変を緩和する対策事例がある。

##### 【解説】

##### (1) 開口部対策の事例

写真4.4.1は、防雪柵開口部におけるL字型副防雪柵の設置例である。防雪柵の開口部対策のうち施設による対策のその他の事例として、脱着式の基礎を用いた防雪柵や門扉式の防雪柵等により冬期のみ開口部を塞ぐ方法を採用した事例等がある。例えば、取付道路の中には、田畑への取付など夏期は使用するが冬期は利用しない箇所がある。そうした箇所の防雪柵の開口部には、脱着式基礎部（写真4.4.2～4.4.5）や門扉式（写真4.4.6および4.4.7）の防雪柵を使用している例がある<sup>1)</sup>。

また、米国の道路交差点における吹雪対策事例として、図4.4.1に示すように道路形状に合わせて三角状に高木と低木を配置した防雪林（ミネソタ・スノートラップ）<sup>55)</sup>がある。この方法も、防雪柵の開口部、特に道路交差点における視程障害緩和のための有効な方法の一つと考えられる。なお、国内における防雪林の種類や育成等については、「道路吹雪対策マニュアル（平成23年改訂版）」<sup>1)</sup>の第2編「防雪林編」を参照されたい。

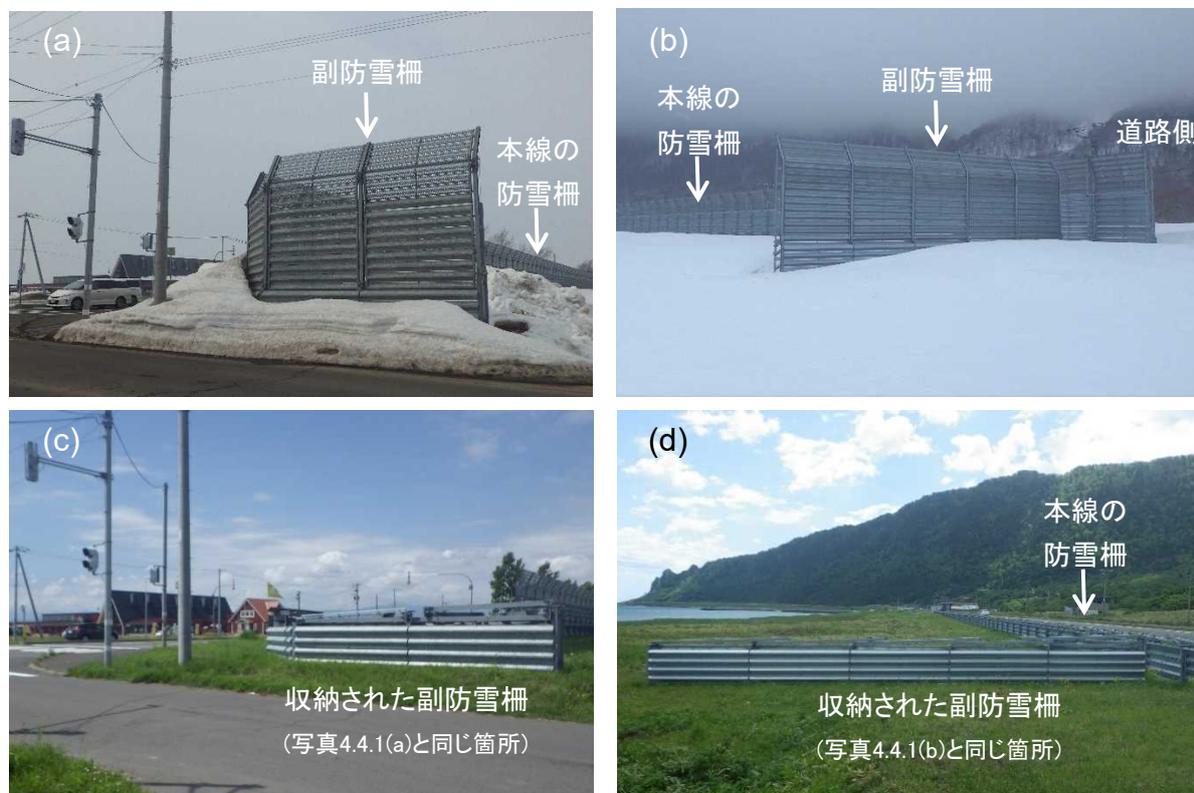


写真4.4.1 L字型副防雪柵の設置例

(a) (b) L字型副防雪柵の設置例、(c) (d) 夏期の収納状況の例。



写真4.4.2 脱着式基礎部を用いた開口部の例1（吹き止め柵）

(a)冬期と(b)～(d)夏期の状況。



写真4.4.3 脱着式基礎部を用いた開口部の例2（吹き止め柵）

(a)冬期と(b)～(d)夏期の状況。



写真4.4.4 脱着式基礎部を用いた開口部の例3（吹き止め柵）

(a)冬期と(b)～(d)夏期の状況。



写真4.4.5 脱着式基礎部を用いた開口部の例4（吹き払い柵）

(a)冬期と(b)～(d)夏期の状況。



写真4.4.6 門扉式の開口部の例1 (吹き止め柵)  
 (a)冬期と(b)夏期の状況。



写真4.4.7 門扉式の開口部の例2 (吹き払い柵)<sup>1)</sup>

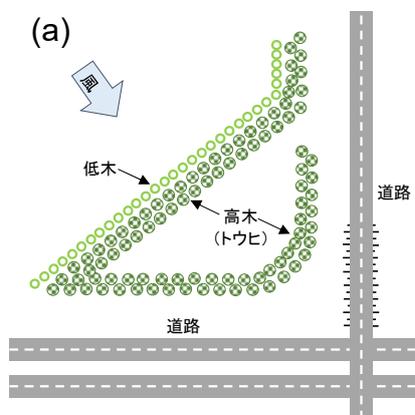


図4.4.1 ミネソタ・スノートラップ (Minnesota snow trap)<sup>55)</sup>

## (2) 端部対策の事例

本技術資料(案)は、防雪柵の開口部における対策を主な対象にしている。一方、防雪柵の整備区間が途切れる防雪柵の端部でも対策が必要な場合がある<sup>1)</sup>。本技術資料(案)で示したL字型副防雪柵は、防雪柵の端部対策としても設置されている<sup>1)</sup>、<sup>42)</sup>。また、写真4.4.8のように防雪柵端部に脱着式基礎部を用いて、冬期のみ防雪柵を延伸している例もある。写真4.4.9は、山岳道路での吹き止め柵の端部処理として擬木板を千鳥配置して視程の急変を緩和する対策を行った事例である<sup>1)</sup>。さらに、防雪柵の端部に1条狭帯林等の抵抗部を設置することにより視程の急変を緩和することができるとする数値シミュレーション解析結果<sup>56)</sup>がある。



写真4.4.8 脱着式基礎部を用いた防雪柵端部の例

(a)吹き止め柵、(b)吹き払い柵の例。



写真4.4.9 端部対策施設として擬木板を配置した事例<sup>1)</sup>

## 文 献

本技術資料(案)で引用した文献を以下に示す。本技術資料(案)で示した内容の詳細を知りたい場合は、下記の引用文献を参照していただきたい。

- 1) 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). 567pp.
- 2) 竹内政夫, 1999: 吹雪とその対策(2) -吹雪と視程-. 雪氷, 61, 303-310.
- 3) 竹内政夫, 2000: 吹雪とその対策(3) -吹きだまりの発生機構と形-. 雪氷, 62, 41-48.
- 4) 竹内政夫, 2002: 吹雪とその対策(4) -吹雪災害の要因と構造-. 雪氷, 64, 97-105.
- 5) 竹内政夫, 2003: 吹雪とその対策(5) -防雪柵の技術史-. 雪氷, 65, 271-278.
- 6) 松澤 勝, 金子 学, 2012: 道路における吹雪対策の現状と課題. 日本風工学会誌, 37, 10-16.
- 7) 福澤義文, 加治屋安彦, 金子 学, 川上俊一, 金田安弘, 1997: 防雪柵端部での吹雪による視程の急変とその対策 -数値シミュレーションによる検討-. 北海道の雪氷, 16, 41-43.
- 8) 福澤義文, 加治屋安彦, 畠山拓司, 2001: 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), 358-359.
- 9) 小中隆範, 伊東靖彦, 松澤 勝, 2017: 吹雪時における防雪柵開口部の移動気象観測. 寒地土木研究所月報, 774, 17-22.
- 10) 竹内政夫, 1980: 吹雪時の視程に関する研究. 土木試験所報告, 74, 31pp.
- 11) 日本雪氷学会編, 2014: 新版 雪氷辞典. 古今書院, 307pp.
- 12) 竹内政夫, 1996: 吹雪とその対策(1) -吹雪のしくみ-. 雪氷, 58, 161-168.
- 13) 松澤 勝, 2007: 吹雪時の視程推定手法の改良に関する研究. 雪氷, 69, 79-92.
- 14) 武知洋太, 松澤 勝, 中村 浩, 2009: 吹雪時に人間が感じる視程と視程計や吹雪計による計測値との関係. 北海道の雪氷, 28, 17-20.
- 15) 竹内政夫, 2021: ホワイトアウトの実体. 雪氷, 83, 307-315.
- 16) 池田侑樹, 川島理沙, 大宮 哲, 新屋啓文, 西村浩一, 大風 翼, 2022: 発達した吹雪境界層における飛雪流量の最大瞬間値と平均値の関係. 雪氷, 84, 213-227.
- 17) 松澤 勝, 大宮 哲, 2021: 吹雪時の平均視程と瞬間視程の関係. 雪氷, 83, 299-305.
- 18) 櫻井俊光, 菅原邦泰, 松下拓樹, 松島哲郎, 西村敦史, 植野英睦, 齋藤 勉, 片野浩司, 2022: 数値シミュレーションを利用した防雪柵開口部における新型副防雪柵の検討. 寒地土木研究所月報, 827, 27-32.
- 19) 松下拓樹, 櫻井俊光, 松島哲郎, 吉井昭博, 遠藤康男, 西村敦史, 2021: 防雪柵開口部の斜行柵群による視程と風速の緩和対策. 寒地土木研究所月報, 825, 2-11.
- 20) 小中隆範, 伊東靖彦, 松澤 勝, 2017: 吹雪時における防雪柵開口部の視程急変に関する現地調査. 寒地技術論文・報告集, 33, 120-124.
- 21) 金子 学, 櫻井俊光, 高橋丞二, 2020: 防雪柵開口部における風の現地観測と数値解析. 寒地土木研究所月報, 804, 14-18.
- 22) 金子 学, 櫻井俊光, 萬 直樹, 2021: 防雪柵開口部における風の現地観測と数値解析 -副防雪柵の風向別強風軽減効果-. 寒地土木研究所月報, 818, 13-17.
- 23) 金子 学, 櫻井俊光, 松下拓樹, 高橋 渉, 松島哲郎, 2020: 吹き止め式防雪柵開口部における強風の現地観測と数値解析. 寒地技術論文・報告集, 36, 108-111.
- 24) 幸田 勝, 伊藤義和, 植野英睦, 2018: 風洞実験による防雪柵開口部における風速変化の把握. 寒地土木研究

- 所月報, 787, 32-38.
- 25) 高橋 渉, 櫻井俊光, 金子 学, 松下拓樹, 2020: 防雪柵開口部における副防雪柵の対策効果について. 寒地土木研究所月報, 810, 35-42.
  - 26) 高橋 渉, 櫻井俊光, 松下拓樹, 2021: 防雪柵開口部における副防雪柵の効果について - 現地観測と数値シミュレーションとの比較 -. 第64回(2020年度)北海道開発技術研究発表会, 防災42.
  - 27) 金子 学, 小中隆範, 高橋丞二, 2020: 吹き止め式防雪柵の開口部における風速と視程の変動について. 寒地土木研究所月報, 802, 42-46.
  - 28) 加治屋安彦, 松沢 勝, 鈴木武彦, 丹治和博, 金田安弘, 2004: 降雪・吹雪による視程障害条件下のドライバーの運転挙動に関する一考察. 寒地技術論文・報告集, 20, 325-331.
  - 29) 武知洋太, 伊東靖彦, 松澤 勝, 加治屋安彦, 2008: 冬期道路環境が走行速度に及ぼす影響に関する研究. 寒地土木研究所月報, 658, 10-18.
  - 30) 武知洋太, 松澤 勝, 中村 浩, 金子 学, 川中敏朗, 2010: 冬期道路の視界と路面状況による走行速度への影響について. 寒地土木研究所月報, 691, 2-12.
  - 31) 加治屋安彦, 福澤義文, 松澤 勝, 金田安弘, 丹治和博, 2002: 吹雪危険度評価に関する一考察(2) - 多重衝突事故の発生要因 -. 寒地技術論文・報告集, 18, 359-366.
  - 32) 福澤義文, 石本敬志, 1994: 吹雪時における走行車群の挙動の実態. 開発土木研究所月報, 499, 12-22.
  - 33) 福澤義文, 加治屋安彦, 金子 学, 丹治和博, 金田安弘, 1998: 吹雪時における多重衝突事故の発生要因とその対策について(第2報) - 平成10年1月7日における札幌圏の事故事例解析から -. 寒地技術論文・報告集, 14, 49-56.
  - 34) 福澤義文, 竹内政夫, 石本敬志, 磯部圭吾, 1990: 吹雪時の結氷路面における安全速度. 雪氷, 52, 171-178.
  - 35) 竹内政夫, 2014: 冬の視界不良事故について - 交通事故統計からみる発生構造 -. 北海道の雪氷, 33, 35-38.
  - 36) Sakurai, T., Takechi, H., Kokubu, T., Matsuzawa, M., 2022: The visibility of the human eye in blowing snow with the effect of suspended snow particles' afterimages. International Journal of Intelligent Transportation Systems Research, DOI10.1007/s13177-022-00338-w.
  - 37) 伊東靖彦, 福澤義文, 松澤 勝, 2003: 防雪柵開口部における視程障害に関する考察. 土木学会第58回年次学術講演会講演概要集, 539-540.
  - 38) 小中隆範, 金子 学, 高橋丞二, 松澤 勝, 2018: 防雪柵開口部における運転挙動の考察. 寒地土木研究所月報, 782, 31-36.
  - 39) 日本雪氷学会北海道支部編, 1991: 雪氷調査法. 北海道大学図書刊行会, 244pp.
  - 40) 石本敬志, 2009: 吹雪計測. 雪氷, 71, 137-140.
  - 41) 齋藤佳彦, 大槻政哉, 西村浩一, 松澤 勝, 2021: 吹雪の計測方法. 雪氷, 83, 317-328.
  - 42) 松下拓樹, 金子 学, 高橋 渉, 櫻井俊光, 松島哲郎, 2020: 防雪柵開口部・端部における副防雪柵の対策効果について. 寒地技術論文・報告集, 36, 112-117.
  - 43) 齋藤 勉, 植野英睦, 伊藤義和, 幸田 勝, 2019: 副防雪柵の違いによる防雪柵開口部の風速への影響について. 寒地土木研究所月報, 799, 16-23.
  - 44) 齋藤 勉, 植野英睦, 菅原彰人, 2021: 副防雪柵の設置方法による開口部の影響把握に関する風洞実験. 第64回(2020年度)北海道開発技術研究発表会, 防災50.
  - 45) 齋藤 勉, 植野英睦, 戸川卓治, 2022: 防雪柵開口部における副防雪柵の長さの違いによる風況把握に関する風洞実験. 寒地土木研究所月報, 826, 21-26.
  - 46) 齋藤 勉, 植野英睦, 菅原彰人, 2020: 副防雪柵による防雪柵開口部の視程急変緩和効果について. 寒地技術

- 論文・報告集, 36, 118-123.
- 47) Sakurai, T., Kaneko, M., Takahashi, W., Matsushita, H. and Matsushima, T., 2022: Wind mitigation effects on a road at an apertural area between metal snow-fences during blowing snow. The 16th World Winter Service and Road Resilience Congress (PIARC), IP0082.
  - 48) Sakurai, T., Sugawara, K., Matsushita, H., Matsushima, T., Nishimura, A. and Ono, S., 2023: Arrangements of secondary snow fences as countermeasures against the end effect based on 3D numerical simulation. The 102th Transportation Research Board (TRB) Annual Meeting, TRBAM-23-02089.
  - 49) 齋藤 勉, 植野英睦, 戸川卓治, 2021: 防雪柵開口部の補助柵の違いによる風況把握に関する風洞実験. 寒地技術論文・報告集, 37, 145-150.
  - 50) 松下拓樹, 櫻井俊光, 松島哲郎, 吉井昭博, 遠藤康男, 西村敦史, 2021: 防雪柵開口部の斜行柵群による視程急変緩和対策. 寒地技術論文・報告集, 37, 151-156.
  - 51) 松下拓樹, 櫻井俊光, 松島哲郎, 2022: 防雪柵開口部における新たな視程緩和対策 —斜行柵群による視程緩和効果に関する現地観測—. 第65回(2021年度)北海道開発技術研究発表会, 防25(道).
  - 52) Sugawara, K., Sakurai, T., Matsushita, H., Matsushima, T., Yoshii, A., Nishimura, A. and Ono, S., 2023: New countermeasures to mitigate blowing snow at apertural areas in snow fences. The 102th Transportation Research Board (TRB) Annual Meeting, TRBAM-23-03739.
  - 53) 齋藤 勉, 植野英睦, 戸川卓治, 2022: 新型柵による防雪柵端部・開口部の風況把握に関する風洞実験. 第65回(2021年度)北海道開発技術研究発表会, 防54(機).
  - 54) 齋藤 勉, 植野英睦, 山崎貴志, 2022: 防雪柵開口部の新型柵による風速緩和に関する風洞実験. 寒地技術論文・報告集, 38, 184-189.
  - 55) Tabler, R. D., 2003: Controlling blowing and drifting snow with snow fences and road design. Final Report, National Cooperative Highway Research Program, Transportation Research Board of the National Academies, 307pp.
  - 56) 福澤義文, 伊東靖彦, 松澤 勝, 加治屋安彦, 畠山拓治, 2002: 防雪柵の端部効果対策に関する考察 —数値シミュレーションによる検討—. 日本雪工学会誌, 18(4), 97-98.

防雪柵開口部の対策施設に関する技術資料(案)

令和5(2023)年3月 作成

令和5(2023)年6月 一部(4.4)改訂

国立研究開発法人土木研究所 寒地土木研究所 雪氷チーム、寒地機械技術チーム

<問い合わせ先>

国立研究開発法人土木研究所 寒地土木研究所 雪氷チーム

TEL: 011-841-1746