

路側設置型防雪柵の開発について —現地観測による防雪効果調査—

渡邊崇史, 小中隆範, 松澤勝*1, 金子学*2

1. はじめに

積雪寒冷地における上下二車線の道路では、吹雪による視程障害対策として路側に設置可能な吹き払い柵(以降、「従来柵」と記す。)(写真1)が用いられることが多い。しかし、従来柵は風が柵に対して斜めから入射した場合や積雪により下部間隙が狭められた場合に、視程障害緩和効果や道路路面の雪を吹き払う効果(以降、併せて「防雪効果」と記す。)が低下する(図1)ことが明らかとなっている¹⁾²⁾。

そこで筆者らは、この点の改善を目的として、従来柵と同様に路側に設置可能で、風が斜めから入射する場合や、柵下部間隙の閉塞時において著しく防雪効果が低下しない路側設置型防雪柵(以降、「新型柵」と記す。)を考案した。

考案した新型柵について縮尺模型を用いた風洞実験を行った結果、斜風時および下部間隙閉塞時において防雪効果が確認できた³⁾ため、実物大の柵(写真2)を製作し、現地観測により防雪効果を調査した。本稿ではその調査結果を報告する。



写真1 吹き払い柵

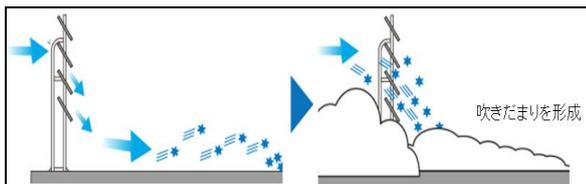


図1 従来の吹き払い柵の下部間隙が閉塞した場合のイメージ



写真2 考案した路側設置型防雪柵

2. 新型柵の形式

今回開発した新型柵の防雪板は1スパンごとに凹凸状の1枚板で構成され、支柱と離して設置する。防雪板を1枚板とすることで、下部間隙非閉塞時には吹き払い柵と同様に路面付近の雪粒子を吹き払うが、暴風雪等により下部間隙が閉塞した場合、吹き払い効果を維持するのではなく、吹き止め柵のように風上側に雪粒子を多く捕捉し、道路上に可能な限り吹きだまりを形成させないことで粘り強く防雪効果を発揮することを意図した(図2)。また、凹凸状の防雪板により、斜めから入射した風を横に逃がさずに下部間隙へ誘導することを可能とする(図3)。さらに、支柱から張り出して防雪板を設置することでサイドウイングによる下部間隙の除雪を可能とした。

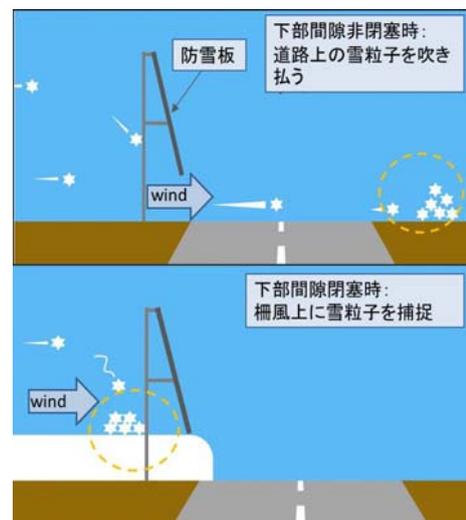


図2 新型柵の下部間隙閉塞前後における防雪効果イメージ

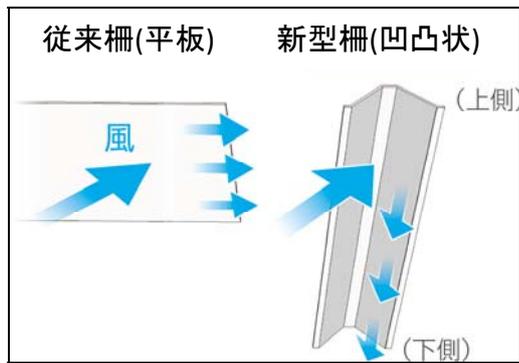


図3 防雪板の効果イメージ

である。



図4 石狩吹雪実験場位置図

3. 観測方法およびデータ解析

現地観測は、石狩吹雪実験場(図4)において行った。ここは、北海道の日本海側に位置し、西北西からの風が卓越する地域である。観測期間は2014年12月1日から2015年1月24日までである。観測サイトの概要を図5に示す。防雪効果の比較のため新型柵と従来柵を並べて設置し、風向風速計と視程計を用いて観測を行った。それぞれの柵の風下1.5m地点において高さ0.5mで風向風速を、高さ1.5m⁴⁾で風向風速と視程を観測した。ここで、高さ0.5mは柵下部間隙の中心高さであり、高さ1.5mはドライバー目線付近の高さを想定している。また、防雪柵から風上側におよそ40m離れた地点を基準点とし、高さ1.5mで風向風速と視程の観測を行った。さらに実験場内で気温を計測した。

解析に用いたデータは以下の通りである。

風速：基準点の風速5m/s以上

視程：基準点の風速5m/s以上かつ

基準点の視程1000m以下かつ

気温0℃以下

なお、抽出条件として用いた風速は雪面の粗度長を0.00014mと仮定し⁵⁾、対数則で高さ7mの値に高度補正した値である。解析においては10分平均値を用いた。

抽出したデータは、両防雪柵の防雪効果について風速比 RV 、視程改善率 RV_{is} を以下の通り定義し、風が柵に対して入射する角度ごとに解析した。

$$RV(N,h) = V(N,h)/V_f \quad \dots(1)$$

$$RV_{is}(N) = Vis(N)/Vis_f \times 100 (\%) \quad \dots(2)$$

ここで、

N ：図8に示す観測位置(1：新型柵、2：従来柵)

h ：計測の高さ(m)

$V(N,h)$ ：観測位置 N 、高さ h の風速(m/s)

V_f ：基準点の風速(m/s)

$Vis(N)$ ：観測位置 N の視程(m)

Vis_f ：基準点の視程(m)

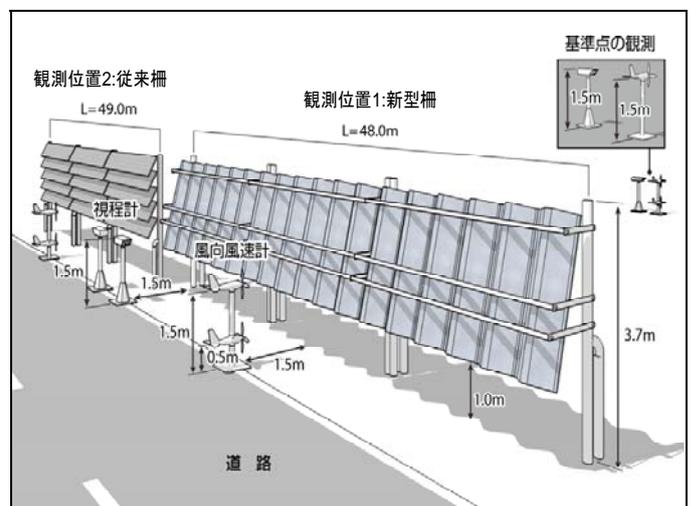


図5 観測サイトの概要

4. 調査結果と考察

4. 1. 風速比を用いた新型柵の防雪効果検証

本節では、風速比 RV に着目して、新型柵の防雪効果を従来柵と比較検証する。防雪効果発揮の判断指標は以下の通りである。

吹き払い効果：風速比 RV が1以上(路面付近の風が強められて、路面の雪が吹き払われている)の場合に効果を発揮。

視程障害緩和効果：風速比 RV が1以下(ドライバー目線付近での風が弱められている)の場合に効果を発揮。

解析において風向は16方位で整理した。また、風が柵に対して入射する角度を風向角 θ と定義した。なお、本調査においては柵に対して直交に入射する風向角 $\theta=90^\circ$ は西北西からの風向となる。

図6は $h=0.5m$ における風速比 RV と風向角 θ の関係であ

る。また、図7は $h=1.5m$ における RV と θ の関係である。なお、図中に示すデータ数 n は、風向角 $\theta=90^\circ$ の場合を除き、同じ θ となる2つの風向のデータを合計したものである。例えば、 $\theta=67.5^\circ$ は北西と西のからの風向になるため、この2つの風向のデータを合計した。これは左右対称な防雪柵に対して、 θ が同じであれば風向が異なっても発揮する防雪効果は同じと考えられるためである。

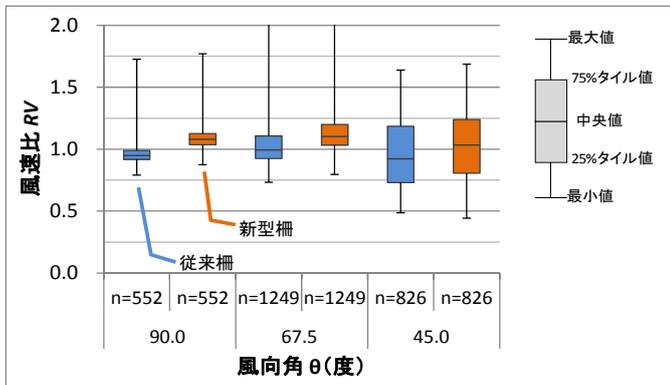


図6 θ と RV の関係($h=0.5m$)

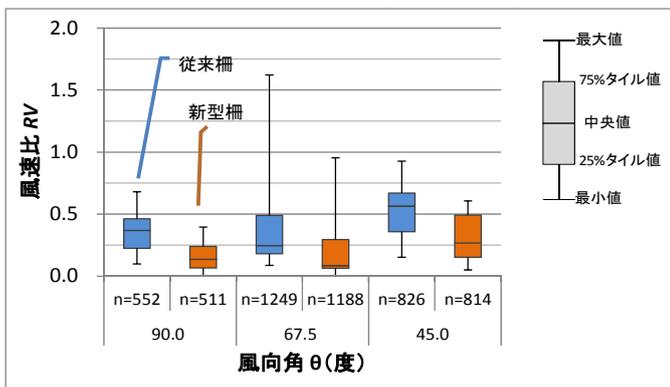


図7 θ と RV の関係($h=1.5m$)

図6において、新型柵の風速比 RV はいずれの θ においても中央値が1を上回り、風が斜めから入射した場合でも吹き払い効果を発揮しているといえる。また、図7においては両防雪柵とも RV が1を下回り、基準点に比べて風速 V が低下していた。このことから、両防雪柵ともに視程障害緩和効果を発揮しているといえる。

4. 2. 視程改善率を用いた新型柵の防雪効果検証

新型柵と従来柵の視程改善率 $RVis$ について $\theta=90^\circ$ 、 $\theta=67.5^\circ$ 、 $\theta=45^\circ$ の場合の結果をそれぞれ図8、図9、図10に示す。前節と同様に同じ θ となる2つの風向のデータを合計して解析を行った。図では、基準点視程 $Visf$ を4階級(100m未満、100m以上200m未満、200m以上500m未満、500m以上1000m未満)に分けて、 $RVis$ を $Visf$ の階級ごとの統計値(最大値、最小値および四分位数)で示している。

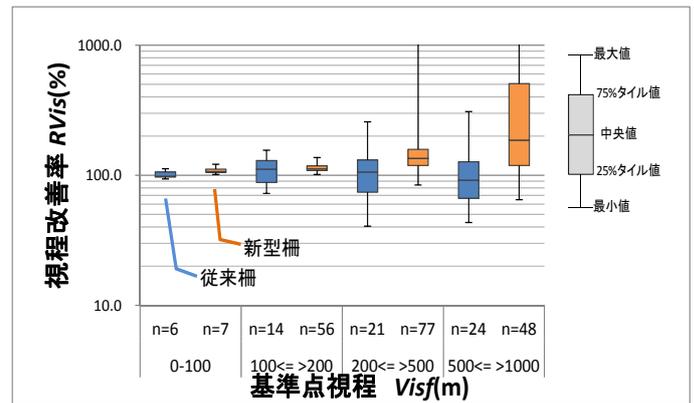


図8 $Visf$ と $RVis$ の関係($\theta=90^\circ$)

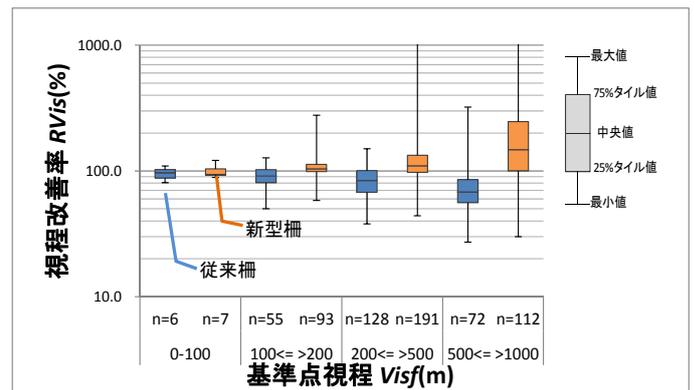


図9 $Visf$ と $RVis$ の関係($\theta=67.5^\circ$)

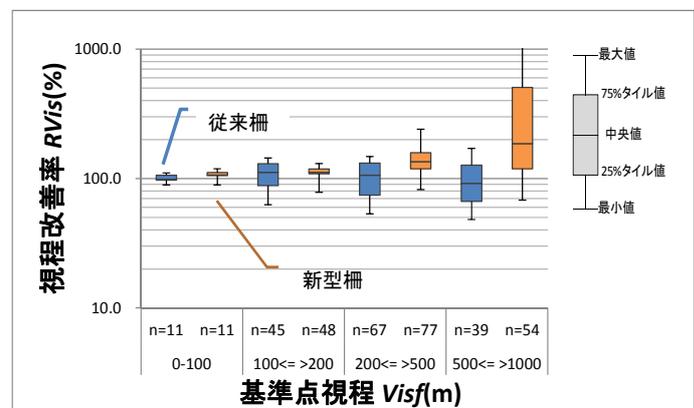


図10 $Visf$ と $RVis$ の関係($\theta=45^\circ$)

図8より、新型柵では $\theta=90^\circ$ の場合、車両の走行速度の低下が始まるとされる視程200m以下⁶⁾の範囲で従来柵と同等以上の視程改善率 $RVis$ を示した。また、 $\theta=67.5^\circ$ 、 45° の場合でも基準点視程 $Visf$ に関わらず従来柵に比べて高い $RVis$ を示した(図9、図10)。これらのことから、新型柵では風向角 θ に関わらず、従来柵に比べ視程障害緩和効果が確保されていることが確認できた。

5. まとめと今後の課題

本研究では、石狩吹雪実験場内に実物大の新型柵を設置し、風速比と視程改善率を指標に防雪効果を検証した。その結果、新型柵は従来の吹き払い柵に比べて高い防雪効果を有しており、視程障害緩和効果が認められた。しかし、現地試験を行った冬期は柵下部間隙が閉塞した場合のデータを取得することができなかった。また、道路上の吹きだまりを抑制する効果について明確な結果は得られなかった。

今後は新型柵を設置した道路の走行車線上で気象観測を行い、新型柵の詳細な防雪効果を明らかにする。また、柵下部間隙が閉塞した場合の防雪効果および閉塞後の柵周辺における吹きだまりの抑制効果について調査したい。

参考文献

- 1) (独) 土木研究所寒地土木研究所：道路吹雪対策マニュアル(平成 23 年改訂版)、
http://www2.ceri.go.jp/fubuki_manual/、P3-2-14、2011.3
- 2) 渡邊崇史、小中隆範、松澤勝、金子学：吹き払い柵の防雪機能と下部間隙の関係について、寒地土木研究所月報、744、pp26-29、2015
- 3) 山崎貴志、住田則行、渡邊崇史：新しい路側設置型防雪柵の開発に向けての風洞実験による検討、寒地土木研究所月報、740、pp36-40、2015
- 4) 山田毅、伊東靖彦、松澤勝、加治屋安彦：防雪柵を評価するための適切な視程の測定位置の検討、雪氷研究大会(2008・東京)講演要旨集、p91、2008
- 5) 近藤純正：水環境の気象学-地表面の水収支・熱収支-、朝倉書店、p101、1998
- 6) 武知洋太、伊東靖彦、松澤勝、加治屋安彦、宗広一徳：冬期道路における運転速度に及ぼす走行環境の影響に関する一考察、第23回寒地シンポジウム寒地技術論文報告書、pp81-86、2007