

## 路側設置型防雪柵の防雪機能の向上に関する研究

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 26～平 27

担当チーム：雪氷チーム、寒地機械技術チーム

研究担当者：松澤勝、小中隆範、渡邊崇史（雪氷）  
住田則行、山崎貴志（寒地機械技術）

### 【要旨】

吹き払い柵は路側に設置できることから、吹雪対策として広く用いられている。しかし、風が柵に対して斜めから入射する場合や、柵下部間隙が閉塞した場合に防雪効果が低下する。本研究では、この点の改善を目的として新型の路側設置型防雪柵の開発を行った。

平成 26 年度は柵の形式を検討の上、通常時は吹き払い、暴風雪等によって下部間隙が閉塞した場合には一時的に吹き止め柵として機能する 1 枚板の防雪板を提案した。また、石狩吹雪実験場に実物大の新型柵と従来型の吹き払い柵を設置して、現地検証試験を行った。その結果、新型柵は従来型柵と比較して風が柵に対して斜めから入射する場合においても防雪効果が高いことを確認した。

キーワード：吹雪対策、防雪柵、開発、防雪効果

### 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。)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。)が低下することが明らかとなっている<sup>1)</sup>。

本研究は、この点の改善を目的とし、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。)の開発に取り組んでいる。

平成 26 年度は、新型柵の形式について提案し、防雪効果を把握するための風洞実験を行った。また、風洞実験により防雪効果が確認できたことから、その結果をもとに実物大の柵を製作し、防雪効果について現地観測を行った。本稿は新型柵の防雪効果に関する風洞実験および現地観測の結果について報告するものである。

### 2. 路側設置型防雪柵の形式の提案

従来柵は複数枚の平らな防雪板で構成される。対して、本研究では新型柵として凹凸状に加工した 1 枚板の防雪板による構成を提案した。これは、下部間隙非閉塞時には従来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に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ている(図 - 1)。また、凹凸状に加工した防雪板により、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意図している(図 - 2)。

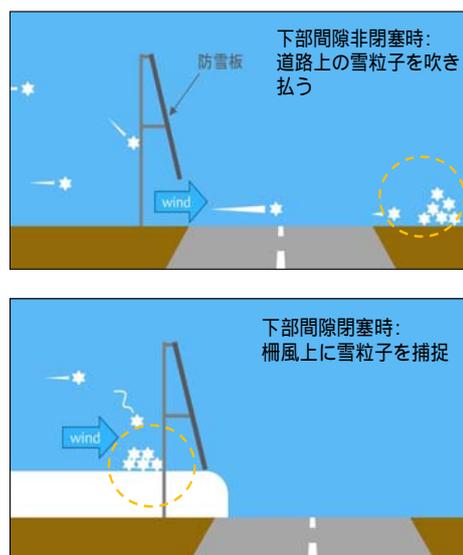


図 - 1 新型柵の下部間隙閉塞前後での防雪効果イメージ

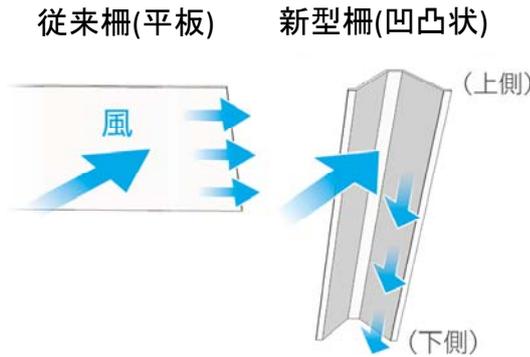


図 - 2 防雪板の効果イメージ

### 3. 風洞実験による防雪効果調査

#### 3.1 実験方法

2. で提案した新型柵の防雪効果について把握することを目的に、計測条件の設定が容易な風洞実験において、縮尺模型を用いて吹きだまりの計測と風速の計測を行った。

##### 3.1.1 風洞実験装置

実験には寒地土木研究所の風洞実験装置(図 - 3)を使用した。測定洞内の鉛直方向風速分布は、上空ほど風速が増す自然の風を模擬するため、べき法則(べき指数は田園地帯を想定した  $0.15^2$ )に近似するよう風速調整装置で調整した。

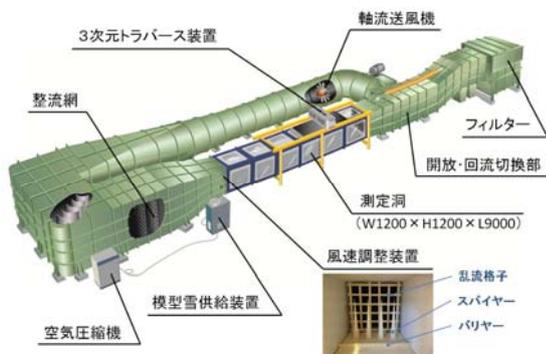


図 - 3 風洞実験装置の概要

##### 3.1.2 防雪柵模型

実験に使用した防雪柵の模型を図 - 4 に示す。模型の縮尺は 1/100 とし、すべての柵について、柵高 33mm、下部間隙高さ 10mm とした。

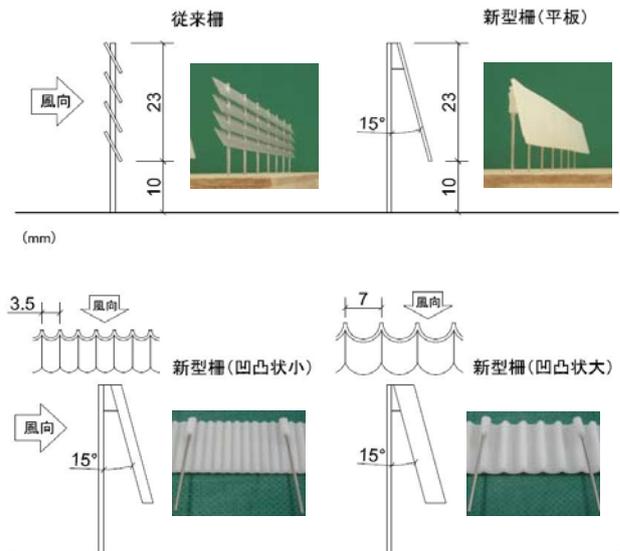


図 - 4 防雪柵模型

#### 3.2 実験結果と考察

##### 3.2.1 風が斜めから入射した場合の防雪効果

風が斜めから入射した場合の防雪効果について新型柵と従来柵の比較を行った。比較はPIVによる、地面付近(地面からの高さ5mm)の流速計測<sup>3)</sup>により行った。PIVとは模型雪粒子の動きを撮影した画像の解析から流速を計測する方法で、面的に流れ場を把握できるものである。なお、模型雪粒子の動きは空気の流れと完全には一致せず、計測結果は風速ではなく模型雪粒子の速度となるため、ここでは風速とは区別して流速としている。防雪柵は風向に対して  $90^\circ$ 、 $67.5^\circ$ 、 $45^\circ$  となるよう設置した(図 - 5)。計測結果を図 - 6、7 に示す。



図 - 5 防雪柵模型設置平面図

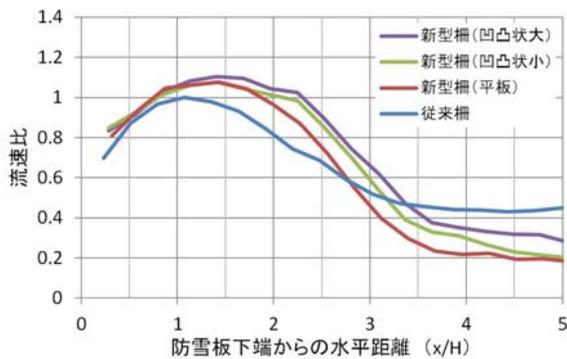


図 - 6 防雪板下端からの水平距離と流速比の関係(風向角 67.5°)

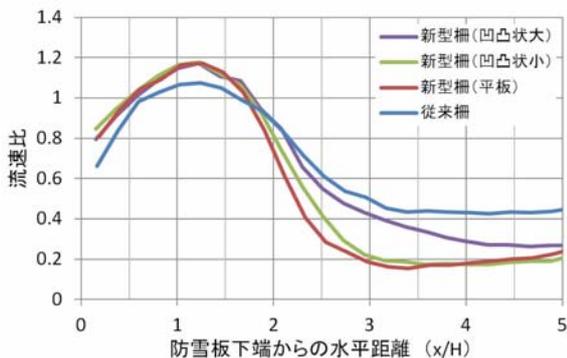


図 - 7 防雪板下端からの水平距離と流速比の関係(風向角 45°)

図 - 6 より、風向角 67.5° において、新型柵(平板)は従来柵に比べて最大流速で約8%高く、 $x/H=2.8$ 程度までの範囲で吹き払い柵より流速が高くなっている。また、新型柵(凹凸状)では、新型柵(平板)に比べて流速が高く、凹凸が大きいほうがより高くなっている。

図 - 7 より、風向角 45° において、新型柵(平板)は従来柵に比べて最大流速で約8%高いが、 $x/H = 1.8$ 程度以遠では従来柵よりも流速が低くなっている。また、新型柵(凹凸状)では、風向角 67.5° の時と同様に新型柵(平板)に比べて流速が高く、凹凸が大きいほうがより高くなっている。

従来柵の吹き払い効果が及ぶ範囲は  $x/H=2\sim3$  程度とされ<sup>1)</sup>、この範囲において、風向角 67.5° の斜風時では新型柵は従来柵よりも吹き払い効果が高くなっているが、風向角 45° の斜風時では新型柵の優位性は明確ではない。また、防雪板を凹凸状の形状にすることにより風が斜めから入射する場合の吹き払い効果を高めることができ、その効果は凹凸が大きいほど高くなると考えられる。

### 3.2.2 下部間隙が閉塞した場合の防雪効果

下部間隙非閉塞時と閉塞時の防雪効果について新型柵と従来柵の比較を行った(図 - 8)。比較は、防雪柵周

辺に発生する吹きだまり高さ、地面付近(地面からの高さ 5mm)の流速の計測により行った<sup>3)</sup>。吹きだまり高さの計測結果を図 - 9、流速の計測結果を図 - 10に示す。以降の図では、防雪板下端からの水平距離  $x$  と吹きだまり高さ  $h$  は、防雪柵高さ  $H=33\text{mm}$  で無次元化した。また、流速比とは、各地点における流速を防雪柵が無い場合の同一地点における流速で除した値である。

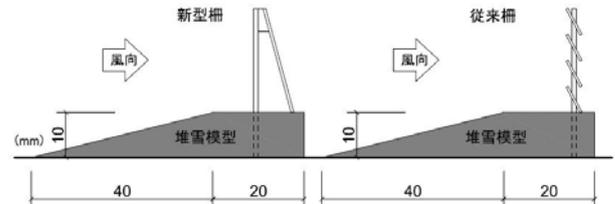


図 - 8 下部間隙閉塞時の防雪柵模型

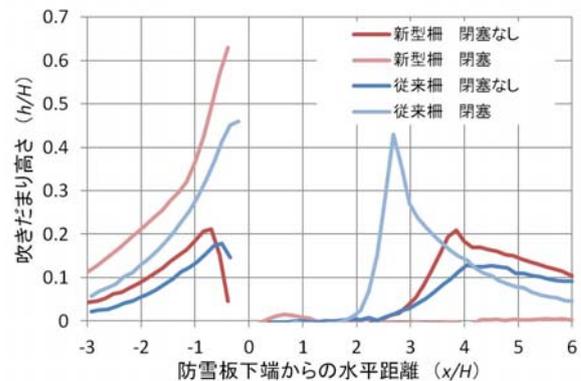


図 - 9 防雪板下端からの水平距離と吹きだまり高さの関係

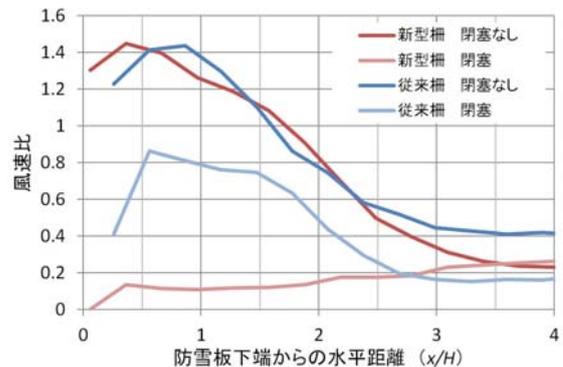


図 - 10 防雪板下端からの水平距離と流速比の関係

図 - 9 より、下部間隙非閉塞時における  $x/H = 0\sim3$  程度の範囲では、新型柵と従来柵に明確な差がみられなかった。従来柵の吹き払い効果が及ぶ範囲は  $x/H = 2\sim3$  程度とされている<sup>1)</sup>ため、この範囲においては新型柵と従来柵は同程度の吹き払い効果を発揮しているといえる。また、下部間隙閉塞時において従来柵では  $x/H = 2$  程度から大きな吹きだまりが生じたが、新型柵では柵風下側

に吹きだまりがほとんど生じなかった。これは、従来柵では下部間隙閉塞時においても防雪板と防雪板の間を模型雪粒子が通過するのに対し、1枚の防雪板で構成される新型柵では多くの模型雪粒子が防雪柵を通過しないためと考えられる。

図-10より、下部間隙非閉塞時は従来柵と新型柵に大きな差はない。下部間隙閉塞時は従来柵では風速が低下しているのに対して新型柵では風をほとんど遮断している。

これらのことから、当初の想定通り下部間隙閉塞時には新型柵では吹き止め柵のように風上側に模型雪粒子を多く補足し、従来柵における吹き払い効果とは異なった防雪効果を発揮すると考えられる。

#### 4. 現地観測による防雪効果調査

##### 4.1 観測方法およびデータ解析方法

風洞実験によって新型柵の防雪効果が確認できたため、実物大の柵を製作し現地観測を行った。現地観測は、図-11に示す石狩吹雪実験場において、平成26年12月1日から平成27年1月24日まで行った。観測サイトの概要を図-12に示す。



図-11 石狩吹雪実験場位置図  
(国土地理院電子国土webシステムを利用)

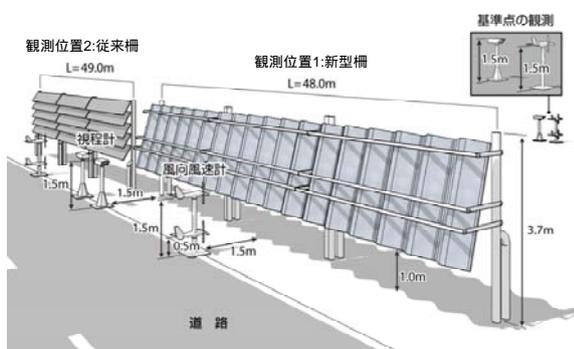


図-12 観測サイトの概要

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(コーナシステム製KDC-S4)と視程計(明星電気製TZE-4)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1.5m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<sup>4)</sup>の高さである。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。解析に際して風速は、既往文献<sup>5)</sup>を参考に基準点において吹雪が発生すると考えられる5m/s以上、視程は前条件に加え、気温が0以下かつ基準点の視程1000m以下の条件でデータを抽出した。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<sup>6)</sup>、対数則で高さ7mの値に高度補正<sup>1)</sup>した値である。解析には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以下で定義する風速比 $RV$ 、視程改善率 $RV_{is}$ を用いて防雪柵に対する風向角ごとに整理した。

図-12で定義した観測位置 $N$ (観測位置1:新型柵、観測位置2:従来柵)において、雪面からの高さ $h$ (m)で観測した風速(m/s)を $V(N, h)$ 、その観測点での風速比を $RV(N, h)$ とし、 $RV$ は以下で定義する。

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

$V_f$ は、 $V(N, h)$ 観測時の基準点の風速とする。

また、観測位置 $N$ において観測した視程(m)を $V_{is}(N)$ 、その観測点での視程改善率を $RV_{is}(N)$ とし、 $RV_{is}$ は以下で定義する。

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

$V_{isf}$ は、 $V_{is}(N)$ 観測時の基準点の視程とする。

#### 4.2 調査結果と考察

##### 4.2.1 風速比を用いた防雪効果検証

防雪効果のうち、吹き払い効果の検証のため $h=0.5$ mにおける風速比 $RV$ と風向角( $\theta$ )の関係を図-13に示す。また、視程障害緩和効果の検証のため $h=1.5$ mにおける $RV$ と $\theta$ の関係を図-14に示す。 $\theta$ は16方位で整理し、柵に対して直交に入射する西北西の風向を $\theta=90^\circ$ とした。なお、図中に示すデータ数 $n$ は、 $\theta=90^\circ$ の場合を除き、同じ $\theta$ となる2方向のデータを合計したものである。例えば、 $\theta=67.5^\circ$ の $RV$ は北西と西のデータを合計した。これは左右対称な防雪柵に対して、 $\theta$ 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-13において、新型柵の風速比 $RV$ はいずれの $\theta$ においても中央値が1を上回り、柵風下の路面付近で風が

強められていることから、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 - 14 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。吹雪時の視程  $Vis$  は飛雪流量の増加に伴い低下する。飛雪流量は  $V$  に比例して大きくなる<sup>7)</sup>ため、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。

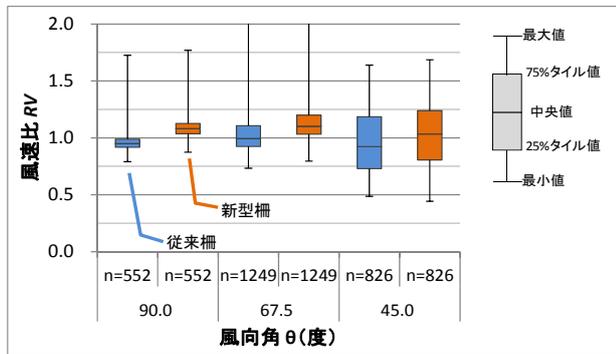


図 - 13  $RV$  と  $RV$  の関係 ( $h=0.5m$ )

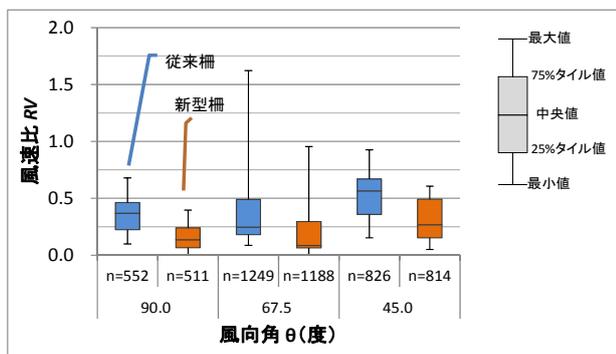


図 - 14  $RV$  と  $RV$  の関係 ( $h=1.5m$ )

#### 4.2.2 視程改善率を用いた防雪効果検証

新型柵と従来柵の視程改善率  $RV_{is}$  について  $\theta=90^\circ$  の場合を図 - 15、 $\theta=67.5^\circ$  の場合を図 - 16、 $\theta=45^\circ$  の場合を図 - 17 にそれぞれ示す。 $\theta$  およびデータ数  $n$  は 4.1 と同様に整理した。 $RV_{is}$  は基準点視程  $Vis_f$  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。

新型柵は  $\theta=90^\circ$  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<sup>8)</sup>の範囲で従来柵と同等以上の  $RV_{is}$  を示した。また、 $\theta=67.5^\circ$ 、 $45^\circ$  の場合でも  $Vis_f$  に関わらず従来柵に比べて高い  $RV_{is}$  を示し、視程障害緩和効果が確認できた。

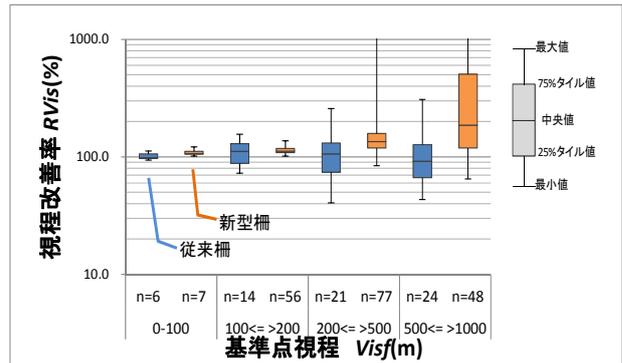


図 - 15  $Vis_f$  と  $RV_{is}$  の関係 ( $\theta=90^\circ$ )

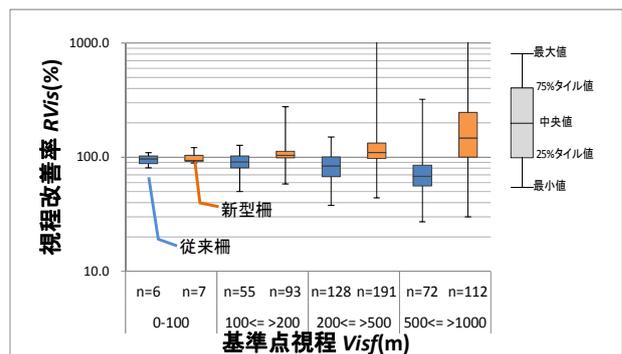


図 - 16  $Vis_f$  と  $RV_{is}$  の関係 ( $\theta=67.5^\circ$ )

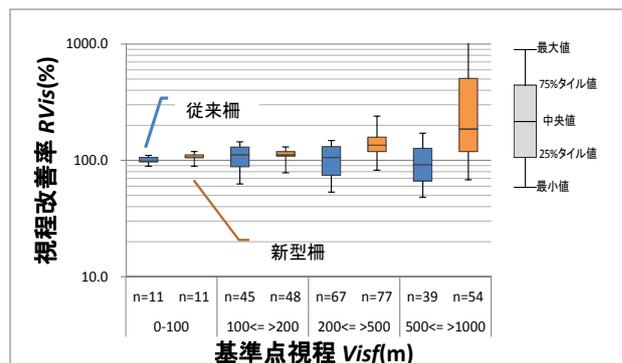


図 - 17  $Vis_f$  と  $RV_{is}$  の関係 ( $\theta=45^\circ$ )

#### 5.まとめ

平成 26 年度は、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新型柵の開発を目的とし、柵形式の提案、風洞実験と現地観測による新型柵の防雪効果の調査を行った。

##### 5.1 風洞実験による新型柵の防雪効果調査

本研究において提案した凹凸状に加工した 1 枚板の防雪板を用いる新型柵について、縮尺模型を用いた風洞実験を行った。

その結果、防雪板の形状を凹凸状とすることで風が斜めから入射した場合にも吹き払い効果を発揮すること、下部間隙非閉塞時には吹き払い柵と同程度の吹き払い効

果を發揮すること、下部間隙閉塞時には柵風下側の吹きだまりが抑制されることがわかった。ただし、下部間隙閉塞後は柵風上側への吹きだまりが多くなることから、柵埋没などについても考慮しなければならない。

今後も実験ケース数を増やしてデータを蓄積する予定である。

## 5.2 現地観測による新型柵の防雪効果調査

風洞実験において新型柵の防雪効果が確認できたため、石狩吹雪実験場内に実物大の新型柵を設置し、風速比・視程改善率を指標に防雪効果を評価した。その結果、新型柵は従来柵と同等以上の防雪効果を有し、風が斜めから入射した場合においても著しく効果が低下しないことがわかった。今後は柵下部間隙が閉塞した場合の防雪効果の定量的な評価を行いたい。

## 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)、3-2-14、2011
- 2) 財団法人日本建築センター：実務者のための建築物風洞実験ガイドブック、2008
- 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) 日本雪氷学会北海道支部：雪氷調査法、北海道大学図書刊行会、p19、1991

6) 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

7) 竹内政夫：吹雪時の視程に関する研究、土木研究所報告、74、pp1-31、1980

8) 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

## A Study on Improving the Snow Control Performance of Snow Fences Installed at the Roadside

**Budget :** Grants for operating expenses  
General account

**Research Period :** FY2014-2015

**Research Team :**

Snow and Ice Research Team,  
Machinery Technology Research Team

**Authors :**

MATSUZAWA Masaru, KONAKA Takanori,  
WATANABE Takashi (Snow and Ice)  
SUMITA Noriyuki, YAMAZAKI Takashi  
(Machinery Technology)

### **Abstract :**

Blower snow fences have been widely used for drift control, since they can be installed at the immediate roadside. However, their drift control effectiveness decreases when quartering winds blow or when the gap at the base of the fence is blocked. For the purpose of improving this situation, a new type of snow fence that is designed for installation at the immediate roadside was developed in this study.

In FY 2014, types of fences were studied and a snow fence with a single snowbreak slat was proposed. It normally works as a blower snow fence, but it works as a temporary collector snow fence when the bottom clearance is blocked due to snowstorm or other snow cover. A full-scale blower snow fence of the new type and a full-scale blower snow fence of the conventional type were installed at the Ishikari Blowing Snow Test Field for onsite verification tests. The new type of snow fence was found to control snow more effectively than the conventional type, even in quartering winds.

**Keywords :** drift control, snow fence, development, snow control effectiveness