

# 吹き止め式防雪柵の視程改善評価に関する調査について

伊東靖彦\*1、山田毅\*1、松澤勝\*1

## 1. はじめに

近年、複雑な道路構造に対応したり、より高い機能を持つとされる新たな防雪柵の開発が盛んに行われている。

これまでに防雪柵などの吹雪対策施設の評価試験は、統一された方法が無く<sup>1)</sup>、新たに開発された防雪柵の性能評価も、開発者毎に独自の方法で行われている。このため客観的な防雪効果の比較が困難となっており、相互比較が可能な防雪対策施設の性能評価法の確立が求められている。

そこで基本的な防雪対策施設の1つである吹き止め式防雪柵について、実物柵を用いた野外観測によってその防雪性能の評価し、あわせて観測方法について検討を行ったので、報告する。

## 2. 防雪性能評価についての課題と本研究の目的

吹き止め式防雪柵の機能としては、道路上への吹きだまり防止と道路上の視程改善がある<sup>2)</sup>。近年、現場ニーズとしては視程障害緩和効果が高く<sup>3)</sup>、本研究でも視程改善性能を中心に検討した。

検討した内容は、道路上の計測位置、エンドエフェクトの影響範囲、柵風上の堆雪による視程への影響、道路上の除雪の影響、風速計測のみによる評価の代替性の5点である。

山田ら<sup>1)</sup>によると既往研究の視程測定位置は、道路風上路側、道路風下路側、中央分離帯等と観測毎に異なる。視程計測の測定位置は、防雪柵との空間条件が異なり、また雪堤からの飛雪の影響を受けることから、定量的な評価を行うにあたり重要な要素である。

また、防雪柵端部では風の巻き込みによる視程の変動(エンドエフェクト)が発生する(福澤ら<sup>4)</sup>)。防雪柵の計測にあたっては当然この範囲を除外する必要がある。移動気象観測車を用いた福澤ら<sup>4)</sup>と、防雪柵端部の吹きだまりを観測した伊東ら<sup>5)</sup>の報告によると、2車線道路でのエンドエフェクトの範囲は柵端部から20m程度と指摘しており、本研究では風速観測により検証するとともに、4車線道路での範囲について検討したい。

堆雪の有無と視程との関係においては伊東ら<sup>4)</sup>が、吹き止め式防雪柵では風上側の吹きだまりが柵上端近くまで堆雪していくと視程障害防止効果が低下し始めると指摘しているが、防雪柵背面の吹きだまり形状の変化が防雪性能に与える影響について実測された事例がこれまでに無く、その検証が必要と考えられる。

さらに既往の防雪柵の観測では観測箇所の機械除雪が

行われている場合と行われていない場合がある。しかしながら、これまでに除雪の有無による防雪効果の違いは明らかではない。

本研究においては、これらの課題について解決するため、計測位置や条件を変えて、吹き止め式防雪柵の防雪性能について計測を行ったものである。

一般に視程計測は機器も高価で困難であるため、視程計測の代替として風速計測による評価の可能性についても検討した。

## 2. 吹き止め式防雪柵の防雪性能計測

### 2.1 防雪柵の設置

著者らは、寒地土木研究所・石狩吹雪実験場構内(石狩市美登位)(図1)に柵高5m、柵の下部1/2が無孔板、上部1/2が有孔板の吹き止め式防雪柵102mを冬期主風向となる西北西に対し垂直に設置した(写真1)。



写真1 防雪柵の防雪性能計測状況



図1 石狩吹雪実験場(位置図)

\* (独)土木研究所 寒地土木研究所

〒062-8602 札幌市豊平区平岸1条3丁目 TEL 011-841-1746 FAX 011-841-9747 E-mail: yasu-ito@ceri.go.jp

吹き止め式防雪柵は多車線道路の防雪を用地内で行うことを目的に開発されたもので 1980 年代後半から用いられ始めた形式<sup>6)</sup>であり、主として 4 車線道路の吹雪対策に用いられている。

## 2.2 計測方法

計測項目は視程と風向風速、および吹きだまり形状である。設置した計測機器を表 1 に示す。

表 1 設置した観測機器

機器名	製造会社	機種名
風向風速計	コーナーシステム	KDC-S4
反射型視程計	明星電気	TZE-4

機器の配置を図 2 に示す。測定機器は柵から 6.5m、17.0m、27.5m、38.0m の距離にそれぞれ設置した。これらの位置は道路の風上側路側、2 車線道路の風下路側 (=4 車線道路の中央分離帯)、4 車線道路の風下路側に相当する。また、視程計、風向風速計の周辺は図 2 に示す地点 1 の風向風速計、反射型視程計を除いて、道路環境に模して常時機械除雪を行った。地点 12 は基準点とした防雪柵の未設置区間で、この地点と比較することで柵の効果を表現した。このほか、実験場内で気温と積雪深を計測している。

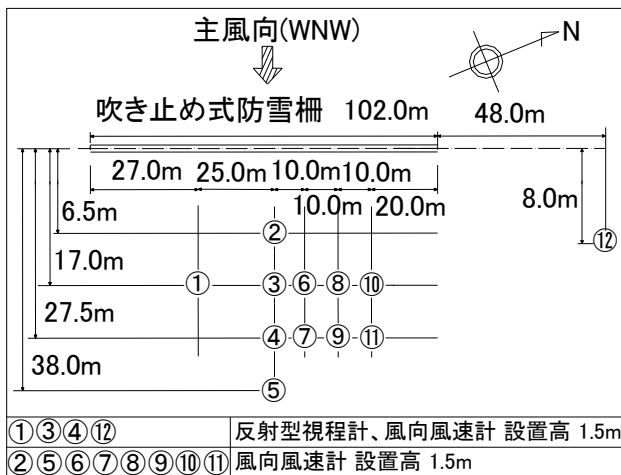


図 2 計測機器の配置図

計測では、視程を 1 秒単位、風速を 10 秒単位でデータを取得し、風向の記録は 22.5° 単位とした。計測期間は 2007 年 12 月 5 日～2008 年 3 月 5 日 (91 日間) である。

反射型視程計の出力電圧から視程への換算は機械誤差を除去するため、基準点の視程計で計測された視程を基準として補正を行った。吹雪が発生していない降雪環境下で視程の低下度合いを比較することで機械誤差を把握できると考え、基準点風速 2m/s 以下、各視程計の視程 500m 以下、気温 0°C 以下、積雪深が 10 分間で 1cm 以上増加の各条件を全て満たすデータを抽出し、このデータから基準点の視程と他地点の視程との直線回帰式を求め、これにより視程の機械誤差を除去した。次にこの視程に

ついてさらに風速による補正を伊東ら<sup>6)</sup>に倣い行った。

吹きだまり形状の計測は、地点 1 を通る防雪柵への垂線に沿って、防雪柵前後 50m を、吹雪の前後に各 3 回行った。

## 3. 計測結果

### 3.1 視程比・風速比の定義

防雪柵の視程改善効果は防雪柵未設置区間との視程比較で議論されることが多い。そこで、つまり基準点に対する柵設置区間の平均視程を視程比と定義した。

なお、吹雪時の視程は時間変動が大きく、複数台の計器を設置したため、短期変動を除外するために 10 分平均視程を用いた。

$$\text{視程比} = \frac{\text{防雪柵設置区間の 10 分平均視程 (m)}}{\text{基準点の 10 分平均視程 (m)}}$$

同様に風速比についても以下のように定義した。

$$\text{風速比} = \frac{\text{防雪柵設置区間の 10 分平均風速 (m)}}{\text{基準点の 10 分平均風速 (m)}}$$

今回の解析にあたっては、地点 12 における風の柵への入射角が 90~67.5 度、視程 500m 以下、気温 0°C 以下の 3 条件を全て満たすデータを抽出して用いた。

### 3.2 道路における測定位置

道路における適当な計測位置を明らかとするため、防雪柵からの距離と風速比の関係を図 3 に示した。

図 3 より防雪柵からの距離 17.0m (2 車線道路の風下路側 = 4 車線道路の中央分離帯) では風速比が 0.32、27.5m (4 車線道路の風下路側) では同じく 0.39 となり、風速比は柵から離れるに従い大きくなることがわかった。

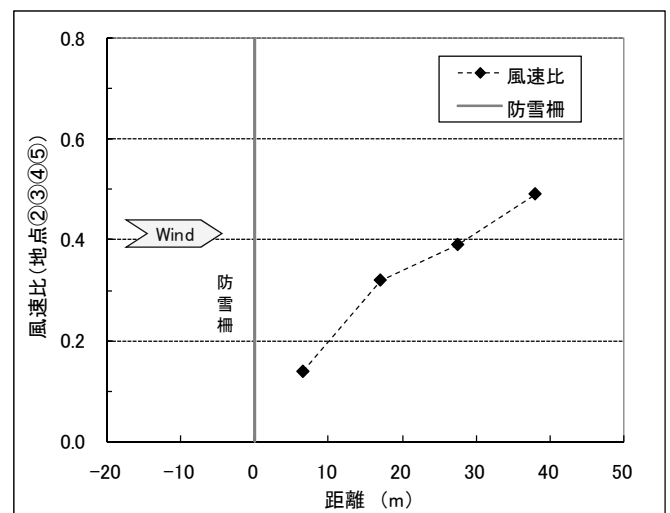


図 3 防雪柵からの距離と風速比の関係

次に防雪柵からの距離と視程比との関係を図 4 に示す。図 4 より視程比は防雪柵からの距離 6.5m で最も大きくなり、17.0m と 27.5m の位置では同程度となった。

防雪性能の評価には、道路近傍の視程の低い地点で測

定することが適当と考えると、2車線道路では道路の風下路側、4車線道路では中央分離帯もしくは道路の風下路側が適当といえる。

同一条件で別日程での計測に山田ら<sup>7)</sup>があり、これによると防雪柵からの距離 17.0m 地点の視程比は 27.5m 地点に比べて低い。山田ら<sup>7)</sup>の計測は測定時間が短い、条件によって 17.0m 地点と 27.5m 地点で視程比に違いが出ることも考えられ、引き続き検討したい。

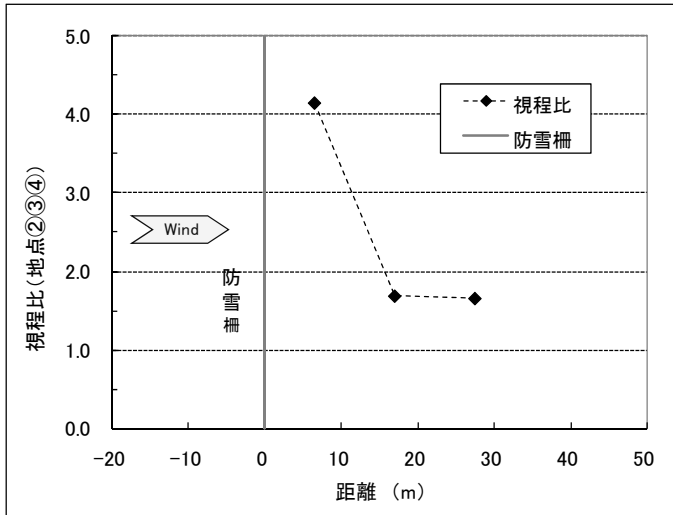


図 4 防雪柵からの距離と視程比の関係

### 3.3 最低限必要な柵の延長

防雪柵の端部のエンドエフェクトの範囲を除外するため、防雪柵端部附近における風速比を算出した(図5)。

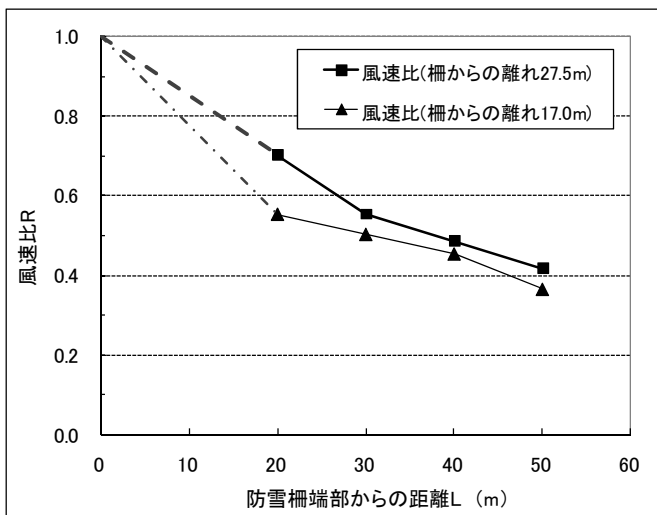


図 5 防雪柵端部の風速比

図5の折れ線が横軸に平行になれば、エンドエフェクトの範囲外といえる。図5よりいずれの測線においても柵の端部から50mの範囲で柵端部から内側に離れるにつれ、風速比が低下している。

柵からの離れ 17.0m の場合、防雪柵端部からの距離が 20m を超える位置で、風速比と防雪柵端部からの距離の比  $\Delta R / \Delta L$  が小さくなり、柵からの離れ 27.5m の場合、防雪柵端部からの距離が 30m を超える位置で  $\Delta R / \Delta L$  が

小さくなる。

このことから2車線道路の計測では端部から20m以上、4車線道路の計測では端部から30m以上各々離して計測するのが適切と考えられる。また、これらは福澤ら<sup>3)</sup>と伊東ら<sup>8)</sup>と矛盾せず、今回得られた結果は妥当であると考えられる。

### 3.4 柵背面の吹きだまりと防雪性能

防雪柵背面の吹きだまりと柵の防雪性能の関係を把握するため、防雪柵背面の吹きだまり量と風速比の関係を図6に示した。

吹きだまり量の算出にあたっては、防雪柵の風上50m地点の積雪深を平地積雪深とした。図6から、吹きだまり量が増加すると風速比が緩やかに増加する傾向が見られるが、その傾きは小さい。ただし今回の計測では吹きだまり量が少なく、最も堆雪した時期の吹きだまりピーク高さは2.15mであり、柵高の半分程度であった。このことから今回計測した範囲においては、吹きだまり量による減風効果の違いは無視できると考えられる。

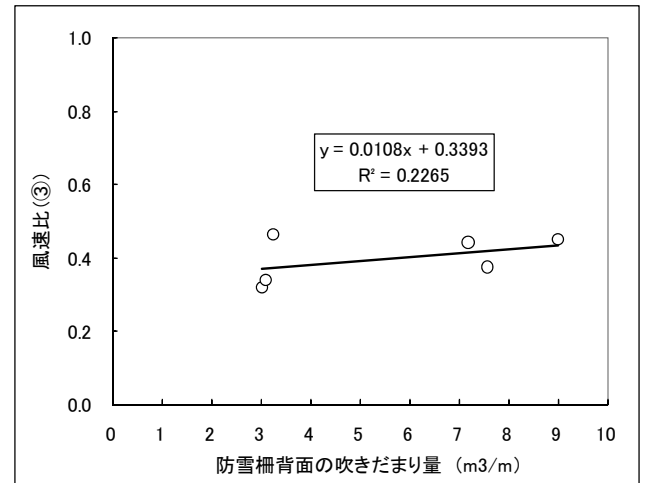


図 6 防雪柵背面の吹きだまり量と風速比

次に防雪柵背面の吹きだまり量と視程比との関係を図7に示す。今回得られたデータは少なく、明瞭な関係の把握には至らなかった。

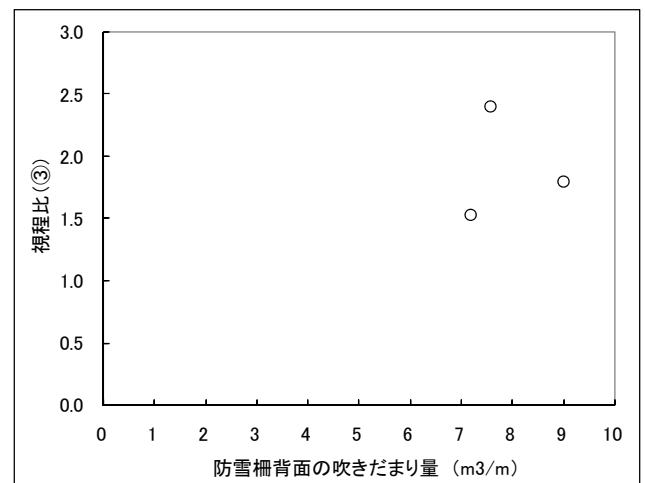


図 7 防雪柵背面の吹きだまり量と視程比

### 3.5 除雪の有無と防雪性能

除雪の有無と防雪柵の防雪性能の関係を把握するため、除雪なしの地点1と除雪有りの地点3の視程比を比較した(図7)。図7から、除雪なしの視程比が除雪有りに比べて僅かに大きい程度であった。このことから、除雪の有無による視程改善効果の違いは無視できる程度と考えられる。

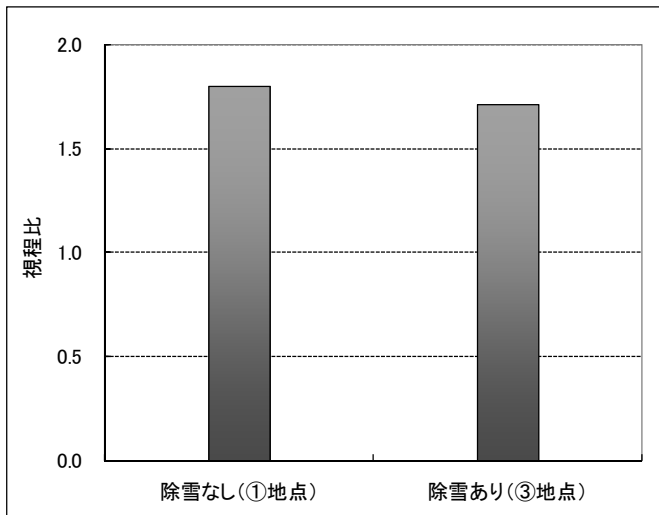


図8 除雪の有無と視程比

### 5. 4. 2 風速比の防雪性能評価への適用

防雪柵の減風効果と視程改善効果の関係を把握するため、視程比と風速比の関係を図9に示した。

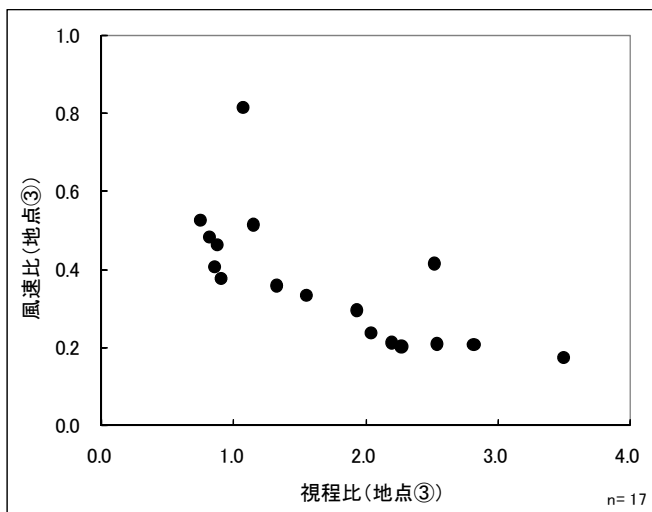


図9 視程比と風速比の関係

図9から、視程比が大きくなると風速比が小さくなる傾向が見られるものの、風速比が低い場合に視程比がばらつく傾向が見られる。

### 4. まとめ

本稿では、防雪対策施設の1つである吹き止め式防雪柵を野外に設置し、視程、風速等の観測を行った。その結果、防雪性能の評価方法について、以下のことが明らかとなった。

### 1) 道路における測定位置

吹き止め式防雪柵では柵風下直下で視程比が大きくなり、遠方では視程比が小さくなる。道路における測定位置は2車線道路では道路風下路側、4車線道路では中央分離帯もしくは道路風下路側が適当といえる。

ただし、中央分離帯と風下路側で異なる視程比となる観測結果もあり、適用条件などは今後の課題といえる。

### 2) 最低限必要な柵の延長

エンドエフェクトは2車線道路では端部から20m、4車線道路では端部から30mの範囲で強く発生している。このため対象となる防雪柵は2車線道路では最低40m、4車線道路では最低60mの延長が必要となる。

### 3) 柵背面の吹きだまりと防雪性能

吹きだまりによる防風性能への影響については、今回計測した吹きだまりの範囲においては、柵背面の吹きだまり量による減風効果の違いは見られなかった。

また視程改善効果についてはサンプル数が少なく、明瞭な関係の把握には至らなかった。

### 4) 除雪の有無と防雪性能

除雪による防雪性能への影響については、比較的軽微であり、無視できるものと考えられる。

### 5) 風速比の防雪性能評価への適用

図9から、視程比が大きくなると風速比が小さくなる傾向が見られるものの、風速比が低い場合に視程比がばらつく傾向が見られる。

### 謝辞

本研究では、視程、風向風速等の観測およびデータ分析において(株)雪研スノーイーターズにご協力を頂いた。ここに謝意を示す。

### 参考文献

- 1) 山田毅, 伊東靖彦: 吹雪対策施設のための視程計測方法に関する文献調査, 日本雪工学会誌, 22(4), pp17-18, 2006
- 2) (独)北海道開発土木研究所(編著): 道路吹雪対策マニュアル, 北海道開発局, 2003
- 3) 伊東靖彦, 福澤義文, 加治屋安彦: 吹雪対策技術のニーズと課題について, 第45回(平成17年度)北海道開発局技術研究発表会発表概要集(CD-ROM), (財)北海道開発協会, 2002
- 4) 福澤義文, 加治屋安彦, 島山拓司: 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), pp358-359, 2001
- 5) 伊東靖彦: 防雪柵端部付近の吹きだまり形状, 2006年度日本雪氷学会全国大会予稿集, p84, (社)日本雪氷学会, 2006
- 6) 藤田英郎, 倉橋良雄, 山口守之, 長岡佳美, 竹内政夫: 多車線道路における防雪柵の計画, 第30回北海道開発局技術研究発表会論文集, pp91-96, (財)北海道開発協会, 1988
- 7) 山田毅, 伊東靖彦, 松澤勝: 吹き止め式防雪柵の忍び返しの有無による防雪効果の比較, 雪氷研究大会(2009・札幌)講演要旨集, p84, (社)日本雪氷学会・日本雪工学会, 2009