

吹雪時の視程距離確保に関わる現場調査の報告

A Site Investigation on Securing the Distance of Visibility in Snowstorm

北海道開発局 札幌開発建設部 村上昌仁 (Masahito Murakami)
株式会社 NTT ドコモ北海道 正 員 浦田健司 (Kenji Urata)
計測技販株式会社 正 員 後藤雪夫 (Yukio Gotoh)
(株) 構研エンジニアリング ○正 員 福田良成 (Yoshinari Fukuda)

1. まえがき

北海道のような積雪寒冷地域において、冬季の降雪、吹雪、地吹雪による視界の悪化は、交通事故や渋滞などの交通障害を起こすことがあり、この障害を視程障害と呼んでいる。道内では例年のように視程障害が原因と思われる事故があり、冬季の道路通行においては視程距離（黒い物体から離れて見て、それを見分けることのできる最大距離）の確保が重要な課題となっている。この視程障害は、降雪量、風向、風速や周辺の地形状況によって度合が異なり、気象の変動が大きく連続性がないことから、正確な実態は把握されていない。また、現在視程障害の緩和として行われている対策の一つに防雪柵があるが、柵の形状や高さの差異による視程との関係についても明確な関係は把握されていないのが現状である。

本報告は、昨年度報告した「吹雪時の視程距離確保に関わる現場調査と検討の試み」をもとに、現場で行った調査結果について引き続き報告するものである。

今年度の報告では、各自然条件（風向、風速、積雪深）の差異による視程距離の変化や、防雪柵の形状、高さの差異による視程との関係について把握し、今後の対策工のあり方を考える基礎資料とすることを目的に、道央の基幹道路である一般国道 337 号小樽市銭函において、視程距離の変化を確認するために行った調査結果について報告する。

2. 調査の概要

2.1 調査区間の概要

試験区間は一般国道 337 号小樽市銭函で、中央分離帯がある片側 2 車線（合計 4 車線）の直線区間である。当該区間は以前から防雪柵（吹き止め柵）が設置されており、柵高や形状、排雪の有無の違いにより、3 つの計測区間（区間 1～3）としている。試験区間の平面図を図-1 に、各区間の断面図を図-2 に示す。

2.2 調査内容

各自然条件および、柵の形状や高さの違いによる視程との関係を把握するにあたって、現場で行った調査内容を大きく 3 つに分けて以下に示し、計測機器の概要を表-1 に記載する

- (1) 気象特性について把握
- (2) 計測機器による防雪柵効果の比較
- (3) 移動計測車による防雪柵効果の比較

(1) 気象特性については、過去の近傍観測所の気象データをまとめると共に、現地の観測結果（風向、風速、降雪）を集計し気象特性を把握する。(2) 計測機器による防雪柵効果については、柵の高さや形状の違いによる積雪、風速による視程距離の変化を比較する。(3) 移動計測車による防雪柵効果については、計測車に搭載された視程計、風向・風速計等により、柵の高さや形状の違いによる視程距離の変化と風向、風速の関係を確認する。

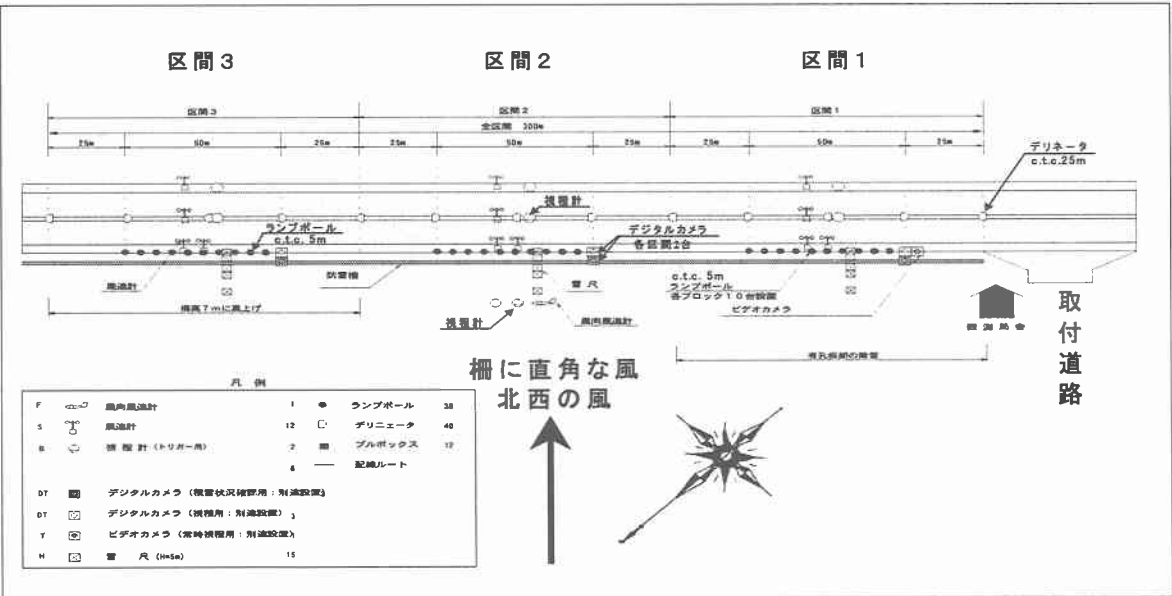


図-1 試験区間 平面図

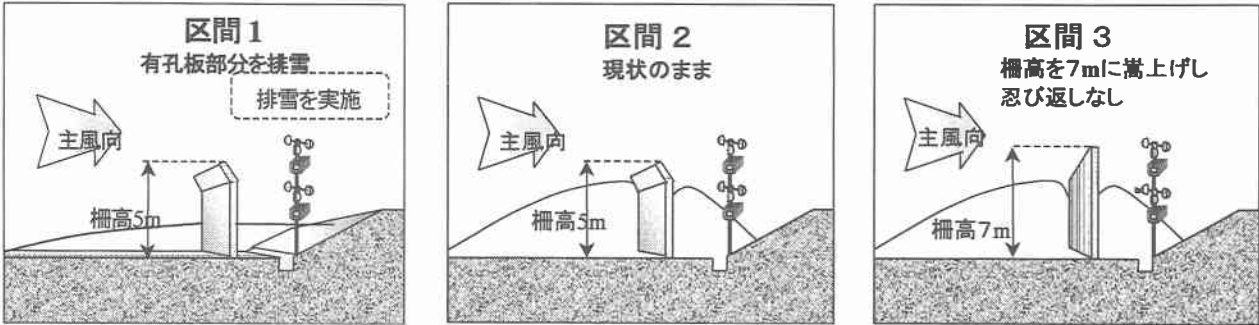


図-2 試験区間 断面図

表-1 計測機器の概要

計 測 機 器	計 測 内 容	設 置 数	計 測 間 隔
風向風速計	区間全体の主風向・風速	1 基	常時計測 (1Hz)
風速計	各区間、横断方向の設置位置の違いによる風速	4 基×3 区間	常時計測 (1Hz)
視程計	代表断面の視程	2 基	常時計測 (1Hz)
雪尺 (積雪深)	吹きだまり量	5 本×3 区間	デジタルカメラにより確認
デジタルカメラ	積雪状況確認	1 基×3 区間	1 時間毎に撮影
デジタルカメラ	視認距離測定	1 基×3 区間	1 時間毎および 視程 300m 以下で撮影
ビデオカメラ	全体状況確認	1 基	1 時間毎に 10 分間撮影

3. 計測内容

3.1 風向風速計, 風速計, 視程計

風向風速計, 風速計, 視程計における, サンプル間隔は全て 1Hz であり, 現地に設置された計測機器は, 平成 12 年 1 月 20 日から 3 月 31 日までの約 70 日間である。これらの取りまとめについては, 全て 1Hz のデータを 1 分間で単純平均したものを使用した。

3.2 デジタルカメラ, ビデオカメラ

デジタルカメラの画像は, NTT デジタル通信網 (PHS) を用いた遠隔操作システムにより, 定期的および任意に撮影が可能となっており, リアルタイムな現地の積雪状況や道路状況が確認可能である。画像は通常時 1 時間毎の定時撮影を行ない, トリガー時は別途, 視程計の値 (300m 以下) を基準に撮影を行なった。デジタルビデオカメラの画像は, 現地の全体状況を確認する目的で, 1 時間毎の頭 10 分間を撮影した。

3.3 移動計測車

移動計測車は, ドライバーが感じる目の高さの視程を走行しながら計測することにより, 走行中の視程計の値とビデオカメラによる視認状況の対比ができ, 合わせて風向, 風速, 外気温などのデータが収録可能となっている。移動計測車のデータは, サンプル間隔が 10Hz であり, 今回の計測では, 区間延長が各区間 50m と短いことから, より詳細なデータとして 10Hz のデータを直接使用した。以下に移動計測車に搭載された計測機器の概要を記載する。

①反射式前方散乱型 車載型視程計

雪粒子の前方散乱光を利用した小型視程計で, 路面から

$h=1.2\text{m}$ の高さ (小型車の視線高さ) に設置し, 吹雪の視程変動を測定する。

- ②車載型風向・風速計
③車速度計 ④外気温計
⑤磁器方位センサー

車の進行方向を自動的に検知するセンサーで, 車速に合わせて走行中の風速, 風向の補正を行う。

⑥データ収録装置

サンプリング周波数は 10Hz であり, ①から④のデータが車内の収録装置に記録される。



写真-1 移動計測車の外観

4. 計測結果と考察

4.1 防雪柵近傍の積雪状況

各区間における防雪柵近傍の積雪状況は, 積雪状況確認用のデジタルカメラにより撮影された画像から, 雪尺の値を読み取ることで約 1 週間毎に確認した。この結果, 区間 1, 2 と区間 3 で吹きだまり形状の出来方に時間的な違いが見られた。

(1) 区間 1, 2 は 2 月 16 日まで柵背面の積雪が幅 2m 程度あいている状態であったが, 2 月 17 日の朝には柵背面のすき間が完全に埋まってしまった。この時の積雪深は両区間とも約 3m で一致している。(図-3, 図-4)。

(2) 区間 3 は区間 1, 2 が埋まった 2 月 17 日においても, 柵背面の積雪は幅 2m 程度あいている状態であったが, 3 月 11 日に柵背面のすき間が完全に埋まった (図-5)。柵高の違いによる防雪容量の違いと思われるが, この時の積雪深も約 3m であり有孔板の高さと一致する。

このことから、柵前後の積雪状況には「積雪深」と「有孔板の設置高さ」に密接な関係があり、防雪柵の機能が失われないよう、設置箇所の積雪深を考慮した柵高、および有孔板設置高さの決定が必要と考えられる。

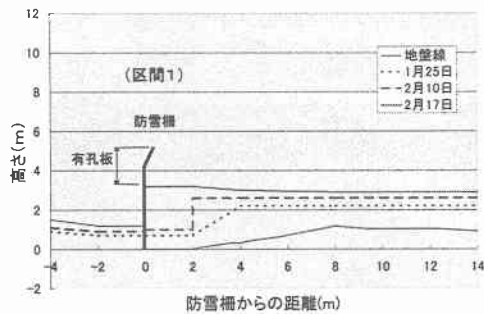


図-3 防雪柵近傍の積雪状況（区間1）

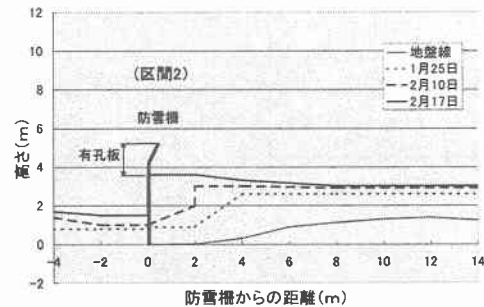


図-4 防雪柵近傍の積雪状況（区間2）

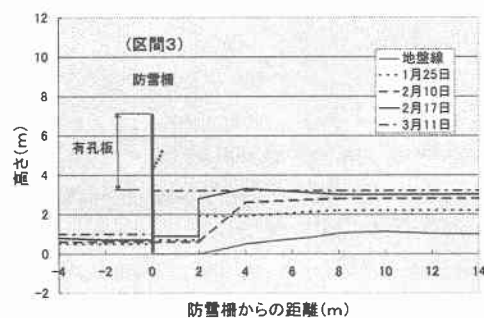


図-5 防雪柵近傍の積雪状況（区間3）

4.2 区間の違いによる風速の減衰

区間の違い（柵の高さや形状の違い）による風速の減衰は、全風速データから柵に直角な風（ $\pm 45^\circ$ ）を抽出し、柵背面（柵の風上側）の風速計による平均値を①0～5m/s、②5～10m/s、③10m/s以上の3つに分類した。風速が柵を通過後、どのように減衰しているか道路上の分離帯及び、両路肩に設置した風速計の平均値により比較した。（図-6～図-8）

(1) 防雪柵により風速は著しく減衰し、柵から遠ざかるにつれ風速が徐々に強くなる傾向が見られる。

(2) ①0～5m/s の場合、区間による差はほとんど無いが、②5～10m/s では区間3の中央分離帯で他区間より若干風速が弱い。また③10m/s以上になるとその傾向が強くなり、柵から中央分離帯付近では、区間1,2に比べ区間3の風速が弱い傾向がみられた。実際に現場でも風速の弱い箇所（柵高の3～4倍の距離）に雪が堆積する状況がみられた。

道路防雪対策マニュアル(案)防雪柵編における防雪柵の設置基準によると、吹き止め柵の設置位置は、「最小でも柵高の2倍離して設置する」とこととなっているが、柵の形状と道路路

肩端部からの距離（柵の設置位置）については、より詳細な設置位置の調査、研究が必要と思われる。

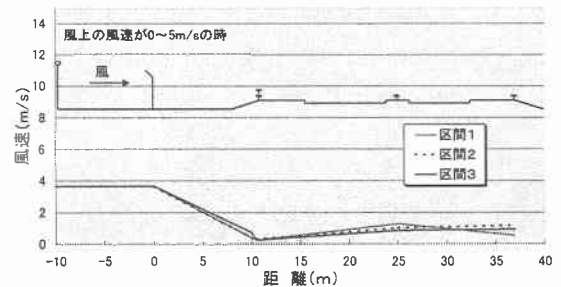


図-6 区間に違いによる風速の減衰
(風上の風速が0～5m/sの時)

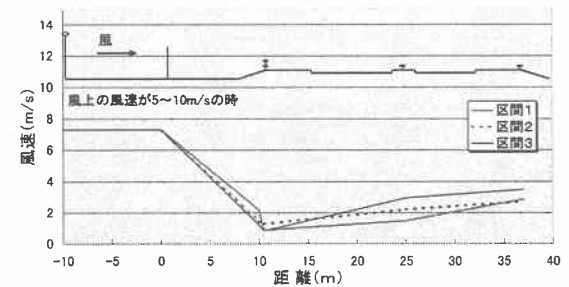


図-7 区間に違いによる風速の減衰
(風上の風速が5～10m/sの時)

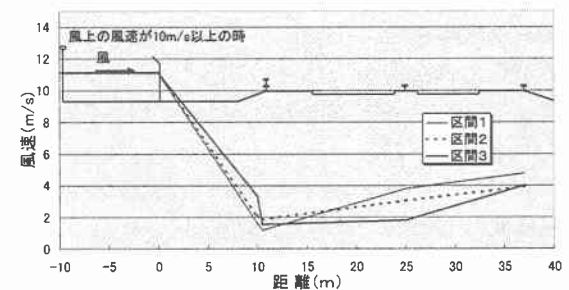


図-8 区間に違いによる風速の減衰
(風上の風速が10m/s以上の時)

4.3 視程距離と降雪量、風速の関係

視程距離と降雪量、風速の関係を確認するため、「柵側からの風」を抽出したうえで、「柵側の視程計」と「分離帯側の視程計」を識別し散布図とした。

(1) 1時間毎の降雪量に対し、降雪量の増加に伴う視程の悪化傾向を確認した。また各降雪量の平均視程値を折れ線で表示した。図-9より降雪量が多くなるに従い視程が悪化する傾向は、ある降雪量までは見られるが、それ以上降雪量が増えても視程は悪化しない結果となった。

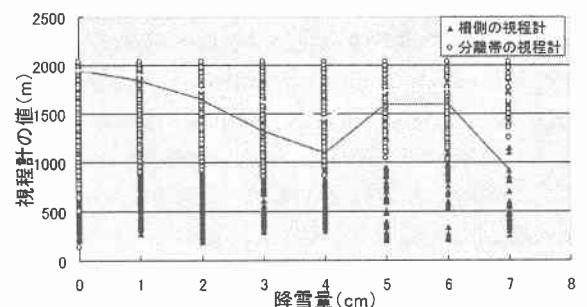


図-9 1時間当たり降雪量に対する視程の関係

(2) 降雪量を 0cm, 1~3cm, 4cm 以上の 3 タイプに分け、風速の増大に伴う視程の悪化傾向を確認した。

図-10, 図-11 より、風速が強くなるに従い視程が悪化する傾向は明確には確認できなかったが、柵側の視程計に比べ分離帯の視程計の視程が明らかに良く、地吹雪時(図-10)及び降雪時(図-11)に関しても防雪柵の十分な効果が確認できた。

また「道路側からの風」に対しても、同様に道路上の視程が良い傾向が見られた。これは視程計の設置高さが道路側側 $h=1.2\text{m}$ であるのに対し、柵側は 5m であり設置高さの違いによるものと考えられる。但し、道路側からの風に対し極端に視程が悪化している値(視程 100m 以下)も確認されており、風向の違いによる防雪柵の効果に対して疑問が生じる結果も見られた。

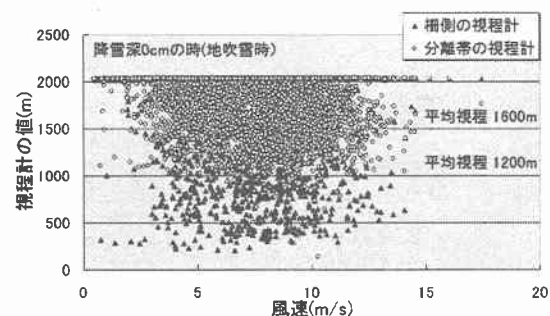


図-10 風速に対する視程の関係(降雪 0cm)

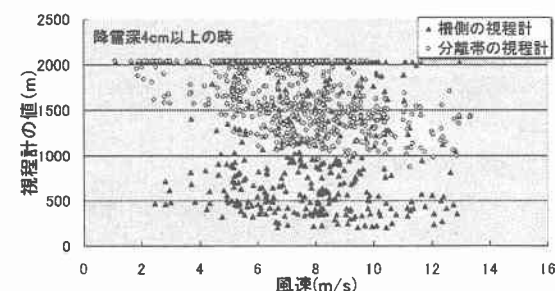


図-11 風速に対する視程の関係(降雪 4cm 以上)

4.4 移動計測車によるデータ

移動計測車による視程悪化時のデータを抽出し「風向と視程の関係」および「風速と視程の関係」について比較した。

「柵に近い2車線」と「柵から遠い2車線」で、それぞれ区間による違いを識別し散布図とした。計測回数は30往復である。

「風向と視程の関係」をグラフ化したところ、「柵に近い2車線」では風向データの大部分が西の風に集中しており、柵に直交する風(=北西の風)に対しては視程の値も極端に悪い値は見られず、防雪柵の効果が確認できる(図3-9)。逆に視程の値が悪くなっているのは、南西の風であり道路方向の風となる。

これに対し「柵から遠い2車線」では風向が著しく乱れており(図3-10)、特に区間3における風向が乱れている傾向が強い。「柵から遠い2車線」における防雪柵の効果、および柵を嵩上げた区間の効果については、疑問が残る結果となった。また、同様のデータを使用し風速と視程の関係について確認したが、明確な傾向は把握できなかった。

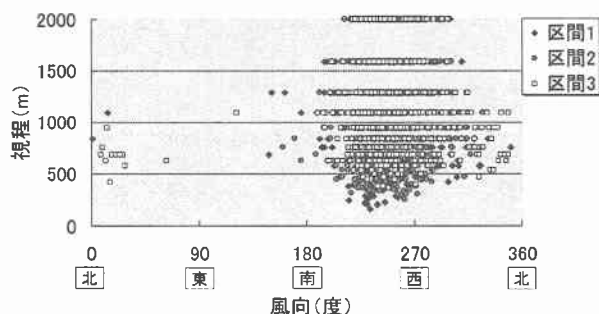


図-12 柵に近い2車線における各区間の風向と視程

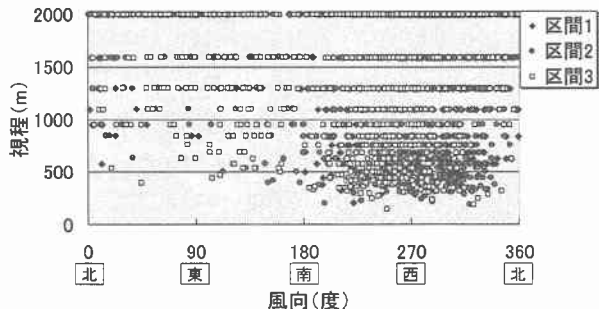


図-13 柵から遠い2車線における各区間の風向と視程

5. あとがき

今回の調査では、各自然条件や防雪柵の形状、高さの違いによる視程との関係を明確に把握するまでには至らなかったが、防雪柵の効果や気象特性に対する影響傾向は概略把握できた。今回の調査では極端に視程が悪くなった日数が少なかったため、データについてもこの内容が全てではないと思われる。

しかし防雪柵の形状の違いによる機能について、不明瞭と思われる調査結果が確認されたため、以下1), 2)に示す内容についてさらなる調査、研究を行なうことにより、視程確保の向上と今後の対策工のあり方を考える基礎資料としたい。

(1) 防雪柵前後の積雪状況には「積雪深」と「有孔板の設置高さ」に密接な関係があると思われる、有孔板部分の空隙率を含めた調査、研究を行うことで、防雪容量、捕捉限界について確認が必要と思われる。

(2) 防雪柵の設置位置については、柵の形状と高さや道路幅員の違いを考慮した調査、研究により、詳細な設置位置の確認が必要と思われる。

現在防雪対策として ITS (高度道路交通システム) をはじめ、さまざまな道路情報システムの研究、開発が進められているが、北海道の地域特性と道路総延長等を考えた場合、防雪柵の機能向上による防雪対策の調査・研究についても非常に重要な課題であると思われる。

参考文献

- 1) 土木学会北海道支部論文報告集; 吹雪時の視程確保に関する現場調査と検討の試み, No.56/VI-2, pp.740-743, 2000.
- 2) (社)日本建設機械化協会; 防雪工学ハンドブック, 1988年3月
- 3) (社)北海道開発技術センター; 道路防雪対策マニュアル(案) 防雪柵編 1990年3月