

4.3 路線を通した連続的な吹雪の危険度評価技術に関する研究

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 23～平 27

担当チーム：寒地道路研究グループ（雪氷）

研究担当者：松澤勝、金子学、川中敏朗、武知
洋太、原田裕介

【要旨】

吹雪障害の発生する危険な道路へは、道路防雪林や防雪柵などの吹雪対策施設の整備が進められている。しかし、公共事業費の縮減に伴い、危険箇所への優先的な吹雪対策施設の整備等によって、路線全体を通してより効率的かつ効果的に吹雪災害を軽減することが重要となっている。

そこで、本研究では吹雪障害の危険要因の解明のため吹雪時に移動気象観測を実施し、観測事例について分析を行った。また、冬期に定点気象観測を実施し、風向別の吹雪量や視程障害発生頻度について分析を行った。さらに、路線を通した連続的な吹雪危険度の評価技術の提案に向けて、既往の吹雪危険度評価技術と移動気象観測結果より分析した視程障害発生率を比較し、吹雪危険度評価技術の問題点等について調査検討を行った。

キーワード：吹雪危険度、吹雪障害、移動気象観測、道路吹雪対策、防雪柵、道路防雪林、道路構造

1. はじめに

積雪寒冷地の冬期道路では、吹雪による視程障害や吹きだまりによって多重衝突事故や車両の立ち往生などの交通障害が多く発生しており^{1) 2)}、北海道内の国道では通行止めの4割が吹雪に起因する（図1）。このため、吹雪障害の発生する危険箇所へは、道路防雪林や防雪柵などの吹雪対策施設の整備が進められている（図2）。



図1 冬期道路の吹雪による視程障害と交通障害



図2 道路防雪林・防雪柵（吹き払い柵）の設置状況

一方、公共事業費の縮減に伴い、危険箇所への優先的な道路吹雪対策施設の整備等によって、路線全体を通して吹雪災害をより効率的かつ効果的に軽減することが求められている。しかし現状、吹雪対策の必要性を判断するため、防災点検等により吹雪危険度の評価が行われて

いるが、その点検箇所の抽出は人為的に行われている。また、評価項目の評点は経験的に決められているうえ、吹雪時の風向を考慮した評価方法が明確にされていない。

そこで、本研究では吹雪障害の危険要因の解明のため吹雪時に移動気象観測を実施するとともに、風向別の吹雪量や視程障害発生頻度の実態について調査し、路線を通した連続的な吹雪危険度の評価技術の提案に向け、既往の危険度評価技術の問題点等について移動気象観測結果を基に調査を行った。

2. 吹雪に対する危険要因の定量的な影響度の解明

2.1. 試験フィールドとする路線選定

吹雪時の視程障害や吹きだまりの危険度に影響を及ぼすと想定される諸条件（主風向、風上の吹走距離、盛土や切土等の道路構造と切盛境、橋梁などの立体交差部、防雪柵や道路防雪林などの吹雪対策施設の有無）に着目して、北海道内の国道を調査し、諸条件を網羅するよう

表1 試験フィールドとした路線（移動気象観測対象区間）

路線名	市町村	KP	主な道路構造と周辺環境（吹雪対策施設）
一般国道231号	石狩市	15.0 - 45.0	盛土、橋梁、防雪柵（吹き払い柵）、家屋
一般国道232号	羽幌町 初山別村 遠別町	40.0 - 64.0	盛土・切土、防雪柵（吹き払い柵）、家屋
一般国道238号	猿払村 浜頓別村	22.5 - 25.8	盛土・切土、防雪柵（吹き止め柵・吹きだめ柵）、道路防雪林、家屋
一般国道239号	佐呂間町 湧別町 紋別市	68.0 - 86.0	盛土・切土、防雪柵（吹き払い柵）、道路防雪林、家屋
一般国道243号	弟子屈町	65.0 - 87.0	盛土・切土、防雪柵（吹き払い柵・吹き止め柵）、道路防雪林、家屋

4.3 路線を通じた連続的な吹雪の危険度評価技術に関する研究

に移動気象観測を実施する5路線を選定した(表1)。

2.2 移動気象観測車による気象観測

選定した表1に示す路線において、地吹雪の発生が予想された日に、気温計、風向風速計、前方散乱型視程計(明星電気(株)製 TZF-4)、ブレーキ踏力計、アクセル開度計、



図3 移動気象観測車(プレマシー)

ハンドル操舵角計、ビデオカメラを搭載した移動気象観測車(図3)を用い、吹雪時の気象観測と道路映像の撮影を実施した。なお、観測時には助手席に同乗した調査員に

表2 運転危険度

ランク	運転危険度
1	運転することができず、停止
2	運転が困難で本当は停止したいが、やむを得ず走行
3	かろうじて走行可能だが、コンビニやGSなどの駐車スペースがあれば停車
4	視界が悪いため、ゆっくりと走行を継続
5	視界が比較的良好のため、通常の走行を継続

表3 沿道環境条件

沿道環境条件		区分			
		0	1	2	3
風上側平坦地		無し	10~100m	100~300m	300m以上
切土盛土境		無し	有り	—	—
防雪柵	吹きだめ柵	無し	有り	—	—
	吹き払い柵	無し	有り	—	—
	防雪柵開口部	無し	有り	—	—

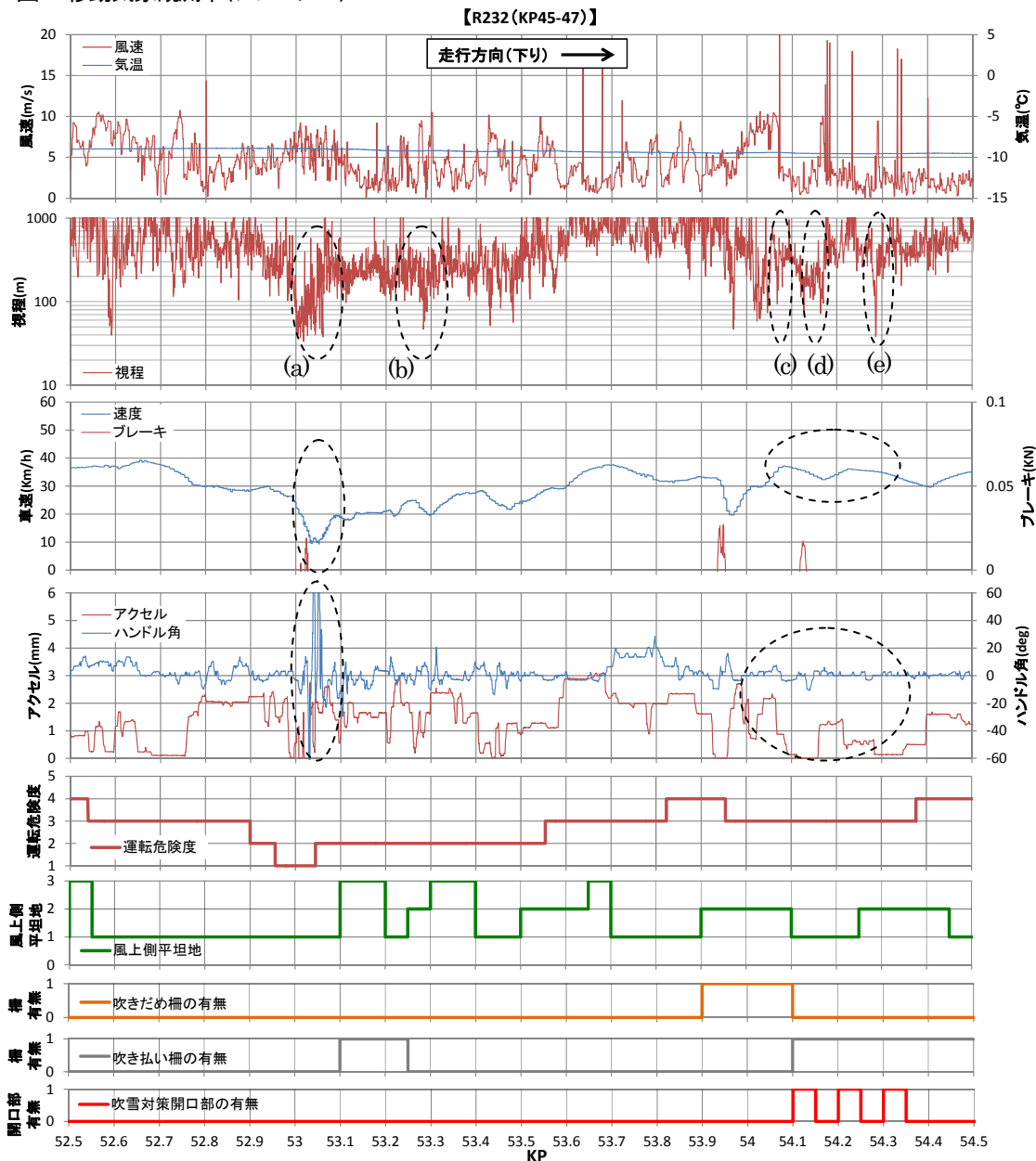


図4 一般国道232号(初山別村)KP52.5-54.5の観測事例
(運転危険度は助手席に乗った調査員が走行中に判断して記録)

主観的な運転危険度を表 2 に示す 5 段階で評価させた。

また、観測区間の沿道環境条件と吹雪時の観測結果が比較できるように、観測区間を道路延長 50m 毎に区分し表 3 に示す条件で整理した。

2.3. 移動気象観測車による観測事例

図 4 に、一般国道 232 号の KP52.5-54.5 の区間で移動気象観測を行った結果の事例を示した。

図 4 は、計測した風速と気温、視程などの気象条件と走行速度、ブレーキ踏力、アクセル踏量、ハンドル操舵角などの運転挙動を KP 毎に示したグラフである。なお、グラフには表 3 で整理した沿道環境条件を併せて示した。

図 4 より、吹き払い柵の設置区間の手前である KP53.00-53.10(図 4(a))で風速が 5m/s 以上となり、視程が 50m 未満に低下した。さらに、ブレーキ操作により走行速度が 30 km/h から 10 km/h まで低下し、ハンドル操舵角の大きな変化も見られた。なお、同乗した調査員も運転危険度を「ランク 1:運転することができず、停止」と評価した。図 5 (下) はこの観測時に撮影された吹き払い柵端部付近の視程障害状況を示したものである。

また、吹き払い柵が未設置となる柵の端部付近 KP53.25(図 4 (b))でも視程が 100m 未満に低下し、一時的には 50m 未満に低下した。

次に、吹きだめ柵と吹き払い柵の開口部手前の KP54.05 付近(図 4 (c))や吹き払い柵の開口部手前の KP54.15 や KP54.30 付近(図 4 (d) (e))において、視程が



図 5 防雪柵端部の晴天時の状況(上)と視程障害状況(下)
(一般国道 232 号 KP53.1 付近)



図 6 切土盛土境の晴天時の状況(上)と視程障害状況(下)
(一般国道 232 号 KP59.2 付近)

100m 未満に低下し、KP54.30 付近(図 4 (e))では一時的に 50m 未満まで低下した。ここでは、顕著な走行速度の低下は見られないが、アクセルをゆるめる動作が見られた。

このほか、切土盛土の境界付近など地形の変化箇所、図 6 (下) に示した通り顕著な視程障害が発生する事例が見られた。

このように、防雪柵の端部や開口部、切土盛土の境目などで視程が低下する傾向が見られ、視程が 50m 未満へ低下した場合には、走行速度が大きく低下するなど走行が困難となる傾向が見られた。

3. 風向を考慮した吹雪危険度の評価

3.1. 風向別の吹雪量と視程障害発生頻度

3.1.1. 固定気象観測

一般国道 238 号 KP242.20 (猿払村浅茅野) の路側の地上高約 2m に後方散乱型視程計 (明星電気製 TZE-4 型)、風向風速計 (KDC-S04) を設置し、平成 23 年 12 月から平成 24 年 3 月、平成 24 年 12 月から平成 25 年 3 月の冬期間に、視程及び風向風速を 1 秒毎に計測した(図 7)。

また、この定点気象観測箇所近傍である一般国道 238 号 KP242.28 路側に設置されている道路テレメータ (図 8) で、同様の期間に観測された気温、風向風速のデータを収集した。なお、収集データは 10 分値である。

平成 24 年度の分析では、平成 23 年 12 月から平成 24 年 3 月に計測したデータを対象とした。



図7 定点気象観測状況(視程・風向風速)



図8 道路テレメータの観測状況(気温・風向風速)

3.1.2. 風向別の吹雪量の分析

道路テレメータ(図8)で計測された気温、風速データを基に、一般国道238号(猿払村浅茅野)の吹雪量を

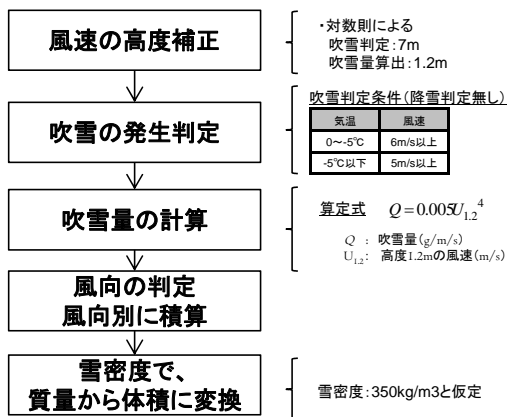


図9 吹雪量の推定方法

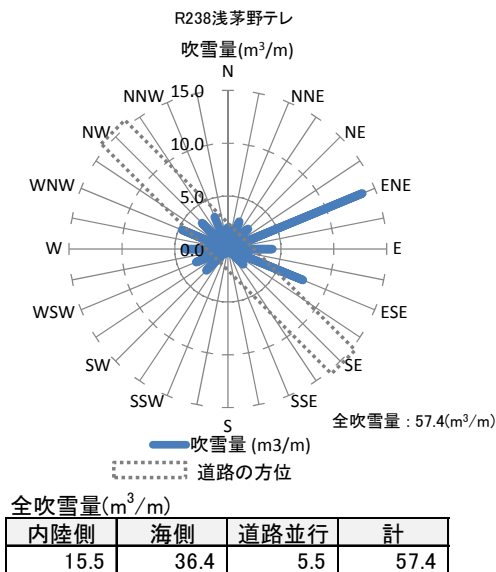


図10 風向別の吹雪量

推定した。なお、吹雪量は図9に示す地吹雪発生条件³⁾及び吹雪量の算定式⁴⁾により推定した。さらに、その結果を風向データにより、風向別に累計した。

図10は、一般国道238号(猿払村浅茅野)において、推定された風向別の吹雪量を示したグラフである。図10より、吹雪の主風向が2方向存在し、道路の両側(内陸側、海側)からの吹雪による累計吹雪量は、それぞれ1冬期間にそれぞれ15.5 m³/m、36.4 m³/mと推定された。

3.1.3. 風向別の吹雪視程障害頻度の分析

一般国道238号(猿払村浅茅野)の路側で計測した視程データを基に、視程200m以下の発生時間と風向別での発生割合を整理した。なお、道路吹雪対策マニュアル⁵⁾掲載の視程障害発生頻度マップでは視程障害判別にアメダスデータより推定した視程(1時間値)が用いられている。そこで本分析では、1時間値の視程データを用いた。

図11は、冬期間に発生した視程障害発生時間に対する風向別の視程障害発生時間の割合を示したグラフである。図11より、視程障害の発生する風向は一定しておらず、一般国道238号(猿払村浅茅野)では内陸側、海側の両側から吹雪視程障害が発生していることが確認された。

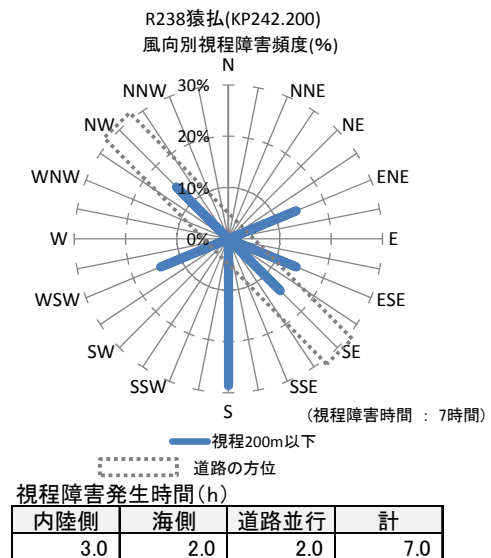


図11 風向別の吹雪視程障害頻度

4. 路線を通じた連続的な吹雪危険度評価技術の提案

4.1. 移動気象観測結果の分析

移動気象観測により得られた気象データのうちまず視程値に着目し、表1に示す各路線で実施した移動気象観測結果に対する視程障害の発生率について整理を行った。ただし、既往研究⁶⁾において視程100m未満になると走行速度の低下に加えて走行車両によって走行速度にバラツキが見られはじめること、図4の結果においても概ね

視程 100m 未満で走行速度の低下が顕著に見られていることから、ここでは視程 100m 未満を視程障害と定義した。
 なお、この視程障害発生率は、各路線の観測区間を延長 50m 毎に区分し、区間毎の移動観測の実施回数に対する視程障害の発生した割合として整理を行った。

4.2 既往の吹雪危険度評価技術による吹雪危険度

ここでは、吹雪危険度評価技術の検討に向け、道路吹雪対策マニュアル⁵⁾に示されている既存の吹雪危険度評価技術(図 12)を用い、表 1 に示した各路線の吹雪危険度を評価した。なお、吹雪危険度の評価は、各観測区間を延長 50m 毎に区切り行った。

4.3 視程障害発生頻度と既往の吹雪危険度評価

既往の吹雪危険度評価技術における危険要因やその評点の妥当性や問題点などを把握するため、移動気象観測結果より分析した視程障害発生率と既往の吹雪危険度評価技術により評価された吹雪危険度について比較を行った。

図 13 は、一般国道 232 号(初山別村)の KP48-55 区間で比較した事例を示した結果である。

図 13 (b) (c) より、防雪柵の端部 (KP53.25) や開口部 (KP54.1) 付近で、移動気象観測の結果からは視程障害発生率が周辺より高い傾向が見られた。図 14 は、該当区間の状況と視界不良時の映像である。しかし、該当区間やその周辺の既往の評価技術による吹雪危険度はランク B

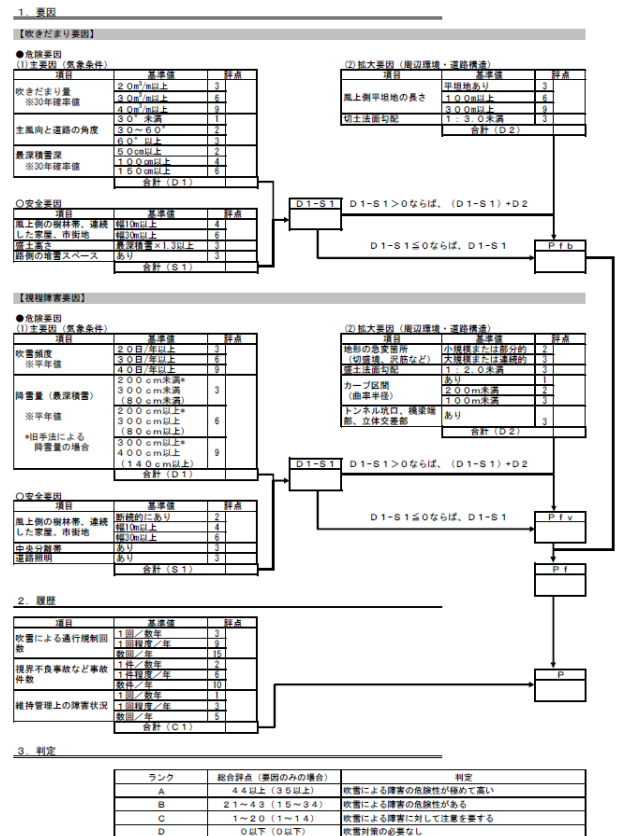


図 12 吹雪危険度の評価フロー⁵⁾

(評点 35 点未満) と評価された。従来の危険度評価技術では、このような防雪柵前後の危険性の評価が困難であり、防雪柵の端部や開口部にも考慮した危険度評価

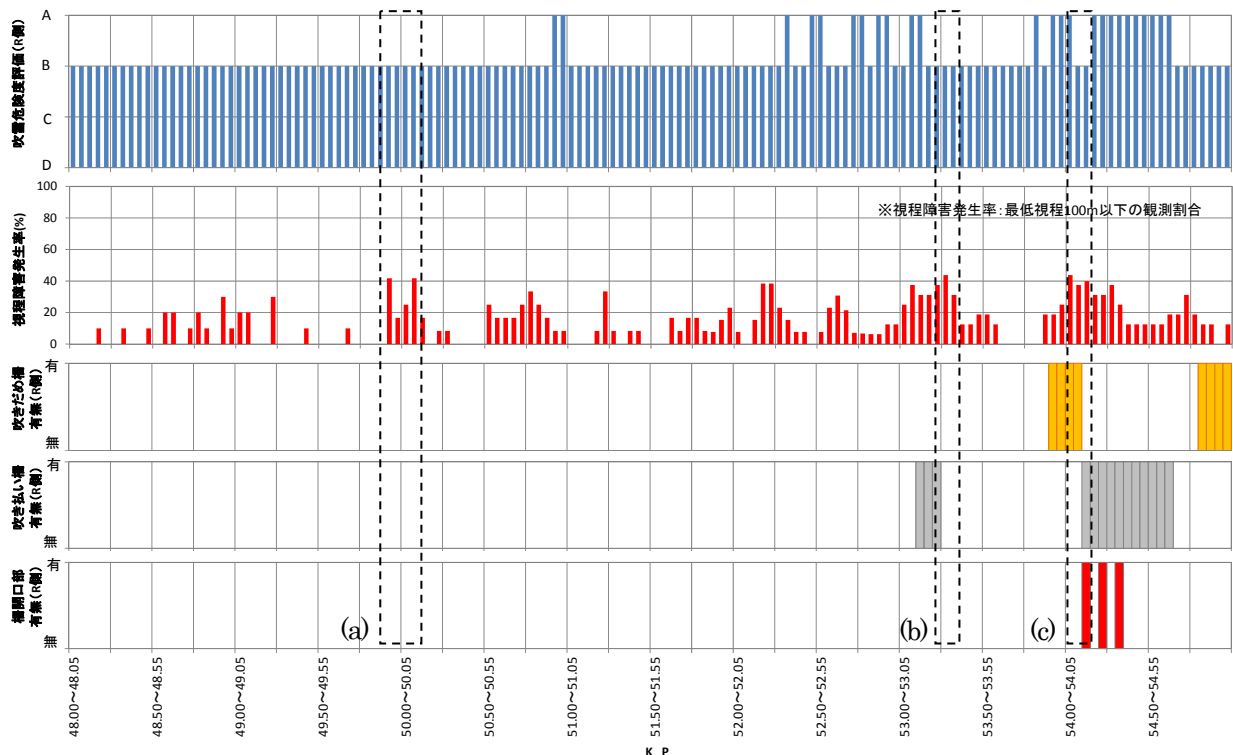


図 13 一般国道 232 号(初山別村)における吹雪危険度評価と視程障害発生率(移動気象観測結果)の比較事例



図 14 防雪柵の開口部の晴天時の状況(左)と視程障害時の状況(右) (一般国道 232 号 KP54.1 付近)



図 15 小規模な沢筋部の晴天時の状況(左)と視程障害時の状況(右) (一般国道 232 号 KP49.9 付近)

(危険度要因や評点)やその考え方の整理が必要であると考えられる。

また 図 13 (a) より、小規模な沢筋(高盛土(防護柵)と平地の境界)となる箇所(KP49.9、KP50.05)でも、移動気象観測結果では視程障害発生率が周辺より高い傾向が見られた。図 15 は、該当区間の状況と観測時の視程障害状況を撮影した映像である。

しかし、この区間についても、既往の評価技術では吹雪危険度はランク B(評点 35 点未満)と評価された。図 12 に示す危険度評価にも、地形急変箇所は評価項目に含まれているものの、地形や沿道環境の急変箇所など局所的な吹雪危険箇所の評価方法やその考え方についても改善に向けた検討が必要と考えられる。

5. まとめ

研究 2 年目とし、吹雪の危険要因や安全要因を解明のため吹雪時における移動気象観測を継続して実施し、観測事例について分析を行った。また、試験フィールドとした路線の風向別の吹雪量や視程障害発生頻度の実態について把握した。

さらに、吹雪危険度技術の改善に向け、既往の吹雪危険度評価技術と移動気象観測により把握した視程障害状況について比較し、吹雪危険度評価技術の問題点等について調査検討を行った。

研究 3 年目以降では、一般国道 238 号などの路線にお

いて吹雪風向の異なる条件下で、さらに移動気象観測を実施し、風向別の危険度評価技術の検討に向けた分析などを行っていく予定である。

参考文献

- 1) 武知洋太, 伊東靖彦, 松下拓樹, 山田毅, 松澤勝, 加治屋安彦: 「2008 年冬期に北海道で発生した吹雪災害状況と課題について(1)~2008 年 2 月・長沼近郊での事例について~」, 北海道の雪氷, 日本雪氷学会北海道支部, No. 27, p99-102, 2008
- 2) 伊東靖彦, 武知洋太, 松下拓樹, 山田毅, 松澤勝, 加治屋安彦: 「2008 年冬期に北海道で発生した吹雪災害状況と課題について(2)~2008 年 4 月・釧路根室地方での事例について~」, 北海道の雪氷, 日本雪氷学会北海道支部, No. 27, p103-106, 2008
- 3) 竹内政夫: 「吹雪と道路交通―道路を吹雪から守るためにどんな研究をしてきたか―」, 第 3 回(平成元年度)開発土木研究所講演回特集号, 42-64, 1990
- 4) 松澤勝, 金子学, 伊東靖彦, 上田真代, 武知洋太: 「風速と吹雪量の経験式の適用に関する一考察」, 寒地技術論文・報告集, Vol. 26, 45-48, 2010
- 5) 寒地土木研究所: 道路吹雪対策マニュアル(平成 23 年 3 月), 寒地土木研究所, p1-3-17~29, p1-4-14~45, 2011
- 6) 加治屋安彦, 松澤勝, 鈴木武彦, 丹治和博, 永田泰浩: 「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 vol. 20, 2004

RESEARCH ON THE TECHNOLOGY FOR RISK ASSESSMENT OF SNOW STORMS ALONG CONTINUOUS ROAD SIDE

Budget : Grants for operating expenses

General account

Research Period : FY2011-2015

Research Team : Cold-Region Road Engineering Research
Group (Snow and Ice Research Team)

Author : MATSUZAWA Masaru

KANEKO Manabu

KAWANAKA Toshiro

TAKECHI Hirotaka

HARADA Yuusuke

Abstract : Blowing-snow control facilities, such as highway snowbreak woods and snow fences, have been installed at roads prone to blowing-snow hindrances. With cuts in public works budgets, more efficient and effective measures are required to mitigate snowstorm damage over the entire route. Toward this goal, hazardous sites must be prioritized for the installation of blowing-snow control facilities.

In this study, we conducted weather observations by vehicle patrols during snowstorms, and we analyzed the observation data to determine risk factors for blowing-snow-induced hindrances. We also made fixed-point winter weather observations. From the observation data, we analyzed the snowdrift transport rates and the frequency of poor visibility occurrence of various wind directions. Toward proposing methods for sequentially assessing the degree of blowing-snow-induced danger along the entire route, we compared two results for the occurrence of poor visibility that were given from the existing assessment method and from the weather observation by vehicle patrols. We also identified a few drawbacks of the current method for assessing the degree of blowing-snow-induced danger.

Key words : blowing-snow-induced danger, snowstorm-related damage, moving weather observation, blowing-snow control facilities, snow fences, snowbreak woods, road structure