

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、國分徹哉、武知
洋太、渡邊崇史

【要旨】

吹雪による障害が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、近年では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きた。

そこで、本研究では吹雪による障害の危険要因の解明のため、視程低下に影響する沿道環境条件について分析を実施した。また、試験フィールドとした路線で風向別の吹雪量や視程障害発生頻度を2冬期間において把握した。さらに、移動気象観測結果を活用した吹雪危険度評価技術の検討に向け、視程と走行速度や運転危険度との関係について分析を実施した。

キーワード：吹雪危険度、吹雪、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)。

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、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³⁾のが現状である。また、評価要因やそ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等が明確にされていない⁴⁾⁵⁾。

そこで、本研究では吹雪による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、視程低下に影響する沿道環境条件について分析を実施した。また、試験フィールドとした路線で風向別の吹雪量や視程障害発生頻度を2冬期間において把握した。さらに、移動気象観測結果を活用した吹雪危険度評価技術の検討に向け、移動気象観測により得られた視程と走行速度や運転危険度との関係について分析を実施した。



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

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、諸条件を網羅した観測が可能な4路線5区間を移動気象観測区間に選定した(表1)。

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 (一般国道)	市町村	KP	主な道路構造と周辺環境(吹雪対策施設)
R231	石狩市	15.0 - 50.0	盛土、橋梁、防雪柵(吹き払い柵)、家屋
R232	羽幌町 初山別村 遠別町	38.0 - 70.0	盛土・切土、防雪切土、 防雪柵(吹き払い柵)、家屋
R238	猿払村 浜頓別村	225.0 - 258.0	盛土・切土、防雪柵(吹止柵・吹きだめ柵)、 道路防雪林、家屋
R238	佐呂間町 湧別町 紋別市	55.0 - 90.0	盛土・切土、防雪柵(吹払柵)、道路防雪林、 家屋
R243	弟子屈町	57.0 - 87.0	盛土・切土、防雪柵(吹払柵・吹止柵)、 道路防雪林、家屋

表3 沿道環境条件

地形	道路構造	風上平坦地	風上樹林帯	風上家屋 (市街地)
平野部	平坦	無し	無し	無し
山地・丘陵地	盛土	10~100m	断続的	断続的
海岸部	切土	100~300m	幅10~30m	幅10~30m
-	-	300m以上	幅30m以上	幅30m以上

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、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平成23年度から平成25年度の冬期に実施した。なお、観測時には助手席に同乗した調査員が主観的な運転危険度を表2に示す5段階で評価した。



図3 移動気象観測車(プレマシー)

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	視界が比較的良いため、通常の走行を継続

2.3. 吹雪視程障害に影響を及ぼす沿道環境要因に関する事例分析

a) 分析条件

表3に示した沿道環境条件(地形、道路構造、風上の平坦地、樹林帯、家屋の有無やその長さ)が、視程に及ぼす影響について分析を実施した。なお、できるだけ同一の気象条件下で比較を行うため、ここでは北海道内で死者9名を出す暴風雪災害が発生した2013年3月2日⁶⁾に一般国道238号KP52.1~77.3で観測した事例を対象とした。

分析では、観測区間毎に沿道環境条件と吹雪時の視程が比較できるよう、観測区間を道路延長50m毎に区分した後、観測した視程データを平均(以下、平均視程)し、

沿道環境条件については表3に示す条件で整理した。

沿道環境条件と平均視程とを比較の際、平均視程には中央値、最大値、最小値、75%タイル値、25%タイル値及び平均値を用いた。

また、比較する沿道環境条件以外の沿道環境条件は、風上の平坦地の長さを10m以上、風上の吹雪対策施設、樹林帯、家屋は無しデータのデータを抽出した。

b) 分析結果

地形、道路構造、風上の平坦地、樹林帯、家屋の有無やその長さとの平均視程との関係を、図4にそれぞれ示す。

図4(a)より、地形条件について見ると、平野部では平均視程の中央値が160mと最も低く、山地丘陵地では91m、海岸部では121mそれぞれこの値より大きかった。山地丘陵地や海岸部は、平野部に比べ風上の吹走距離が比較的短いなど、地吹雪が発達しにくいことが要因として考えられる。また、平均視程のばらつきが山地丘陵地で大きく、海岸部で小さい傾向が見られた。山地丘陵地では、海岸部に比べ一般に地形が複雑で変化が大きいことが要因として考えられる。

次に図4(b)より、道路構造について見ると、平坦地では平均視程の中央値が154mと最も小さく、盛土では47m、切土では106mそれぞれこの値より大きかった。

さらに図4(c)より、風上の平坦地が長いほど平均視程は小さい傾向にあり、平坦地が100-300m存在する場合には無い場合に比べ中央値が161m小さかった。

一方、図4(d)より風上の樹林帯による影響について見ると、樹林帯が無い場合には幅10-30mの樹林帯がある場合と比べて、平均視程の最低値が73mから112mに大きくなるものの、中央値や平均値には大きな差が見られなかった。さらに図4(e)より、家屋による影響について見ると、家屋が存在する場合には平均視程の中央値が148mであり、家屋が無い場合の209mに対して若干低い傾向が見られた。この要因としては、家屋が連続する市街地では道路周辺に除雪による堆雪が多く存在しており、これにより視程が低下しやすいことが考えられる。

このように、沿道環境条件の中では地形条件や風上の平坦地の有無と長さ、道路構造の違いによって、視程が比較的大きく低下しており、視程への影響が大きい傾向が見られた。一方、これらの沿道環境条件と比べて、風

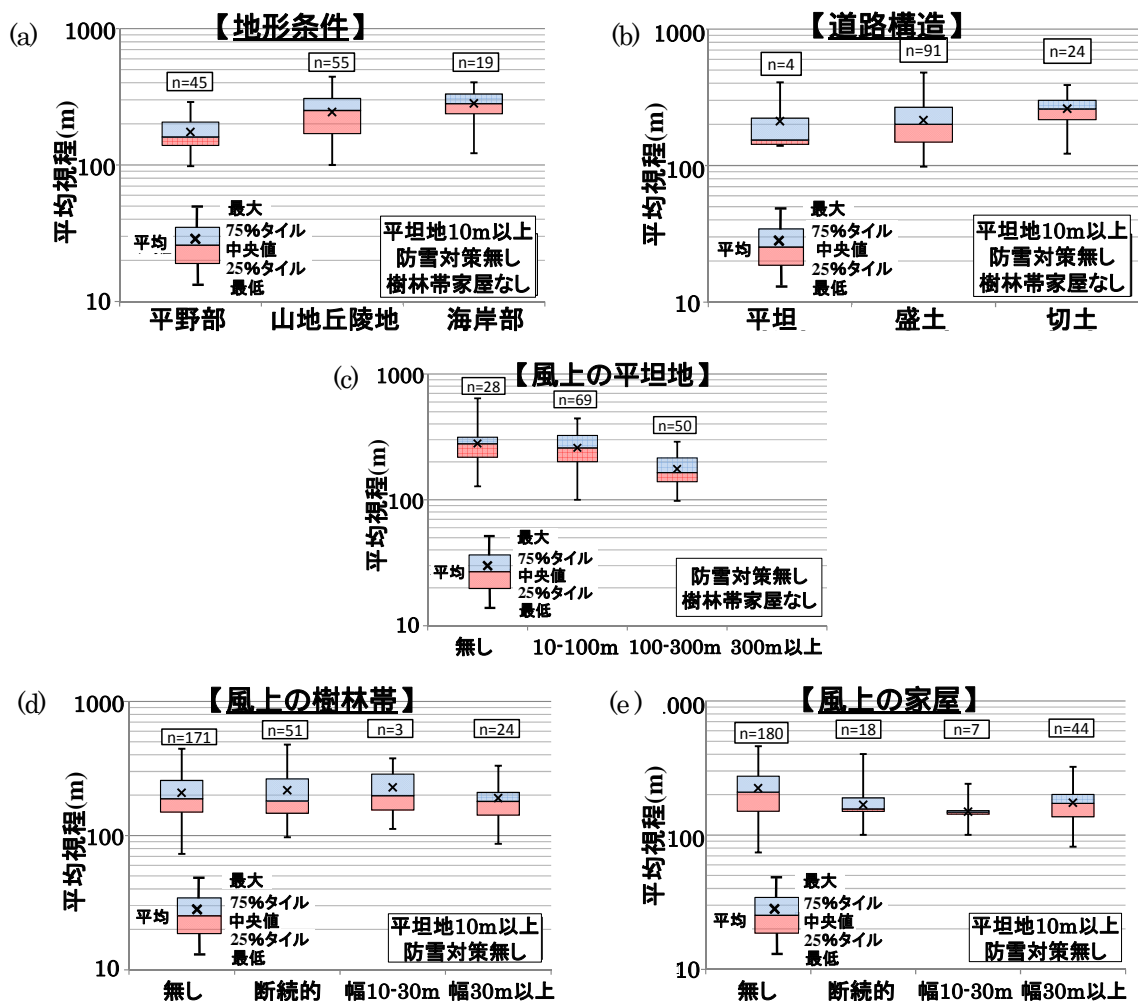


図4 平均視程と沿道環境条件の関係(R238(湧別町～佐呂間町))

上の樹林帯や家屋による影響は比較的小さかった。

3. 風向を考慮した吹雪危険度の評価

風向を考慮した吹雪危険度評価方法を検討に向け、道路の複数方向からの吹雪の発生状況について実態を把握するため、固定気象観測を実施し、風向別における吹雪の発生状況について分析を実施した。

3.1.1. 固定気象観測

一般国道 238 号 KP242 (猿払村浅茅野) 付近の路側の地上高約 2m の位置に後方散乱型視程計 (明星電気製 TZE-4 型) 及び風向風速計 (KDC-S04) を設置し、平成 23 年度から平成 25 年度の冬期間に、視程及び風向風速を 1 秒毎に計測した(図 5)。

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 6) 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 25 年度は、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 2 冬期間に取得した定点気象観測データを対象に分析を行った。



図5 定点気象観測状況(視程・風向風速)

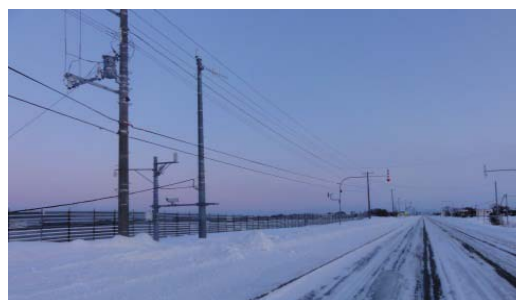


図6 道路テレメータの観測状況(気温・風向風速)

3.1.2. 風向別の吹雪量の分析

一般国道 238 号(猿払村浅茅野)の道路テレメータ(図 6)で計測された気温、風速データを基に、図 7 に示す地吹雪発生条件⁷⁾及び吹雪量の算定式⁸⁾を用い吹雪量を推定した。さらに、推定した吹雪量は風向データにより、風向別に累計した。

図 8 は、風向別に累計した一般国道 238 号(猿払村浅茅野)における吹雪量を示したグラフである。図 8 より、吹雪の風向が複数方向存在し、道路の内陸側、海側からの吹雪による累計吹雪量は、それぞれ平成 23 年度冬期にそれぞれ 15.5 m³/m、36.4m³/m、平成 24 年度冬期にそれぞれ 37.6 m³/m、68.1 m³/m、と推定された。

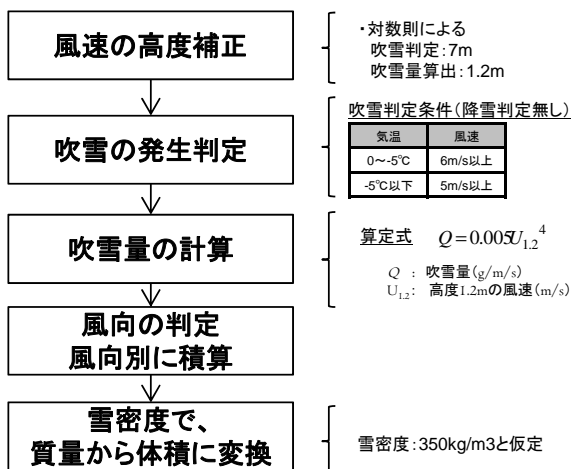


図 7 吹雪量の推定方法

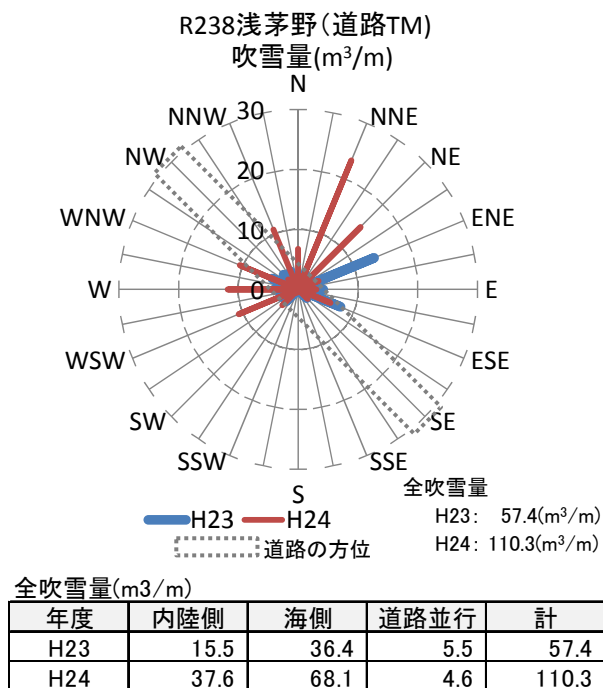


図 8 風向別の吹雪量

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⁴⁾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)が用いられているため、本分析では 1 時間値の視程データを用いた。

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、図 9 に示す。

図 9 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)では平成 23 年度には内陸側、平成 24 年度には海側からの吹雪視程障害の発生頻度が高いなど、道路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。

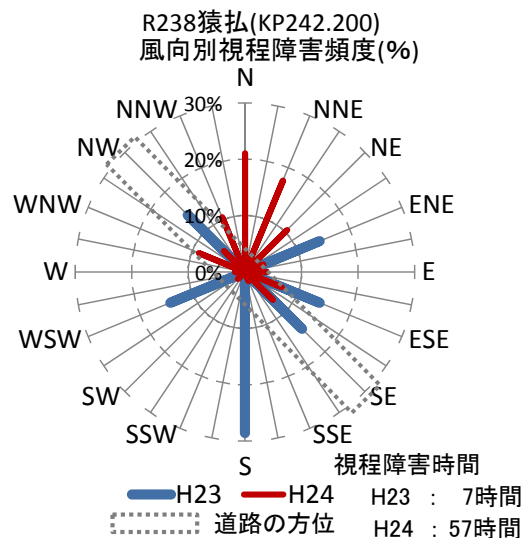


図 9 風向別の吹雪視程障害頻度

このような複数の風向から発生する吹雪の実態を踏まえ、吹雪の風向にも考慮した吹雪危険度の評価方法について今後検討していく予定である。

4. 路線を通じた連続的な吹雪危険度評価技術の提案

過年度までの研究により、既往の吹雪危険度評価技術による吹雪危険度評価では、防雪柵端部など局所的な吹雪危険箇所を十分には把握できない可能性があることが明らかとなった⁹⁾。このため、移動気象観測結果などを用い吹雪危険度評価を補完する方法を、明確にしていくことが重要である。

そこで、防雪柵端部のような局所的な吹雪危険箇所の

評価方法を検討するため、平成 25 年度は移動気象観測により得られた気象データを用い、視程と走行速度や運転危険度との関係に関する調査を実施した。

4.1. 移動気象観測事例による分析

図 10 は、一般国道 232 号初山別村の防雪柵端部において観測した移動気象観測結果の事例を示したものである。

図 10 より、防雪柵端部付近の 2 箇所において瞬間的に視程が 50m 未満に低下する事例が見られたが、KP53.0 から 53.1 付近においてのみ、ブレーキ操作による速度低下や運転危険度が高くなる傾向が見られた。KP52.8 付近の視程低下は瞬間的なものであり、視程の低下による運転危険度への影響はその継続時間（延長）が関与するものと考えられる。

延長 50m 毎の平均視程で比較すると KP53.00 ~ 53.05 付近では平均視程が 100m 程度まで低下しているのに対し、KP53.25 ~ 53.30 付近では平均視程が 200m 程度であり一定の区間延長毎に視程を平均して評価するなどの考慮が必要と考えられる。

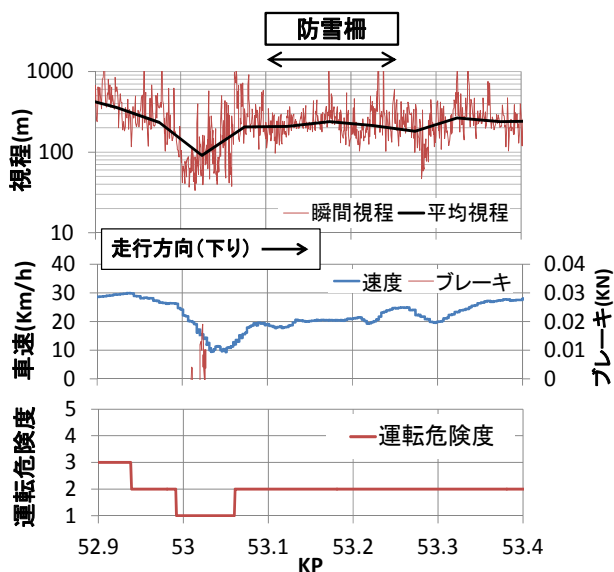


図 10 移動気象観測事例(一般国道 232 号初山別村)

4.2. 吹雪危険度の評価指標に関する検討

移動気象観測結果より吹雪危険箇所を評価する上では、移動気象観測結果から得られる気象データより吹雪危険度を評価するための指標が必要と考えられる。

そこで、吹雪危険度を評価できる指標として移動気象観測時に観測される視程に着目し、平均視程と走行速度や運転危険度との関係について調査を実施した。

図 11 には、一般国道 238 号と 232 号で平成 24 年度の冬期間に取得した移動気象観測データを用い、平均視程

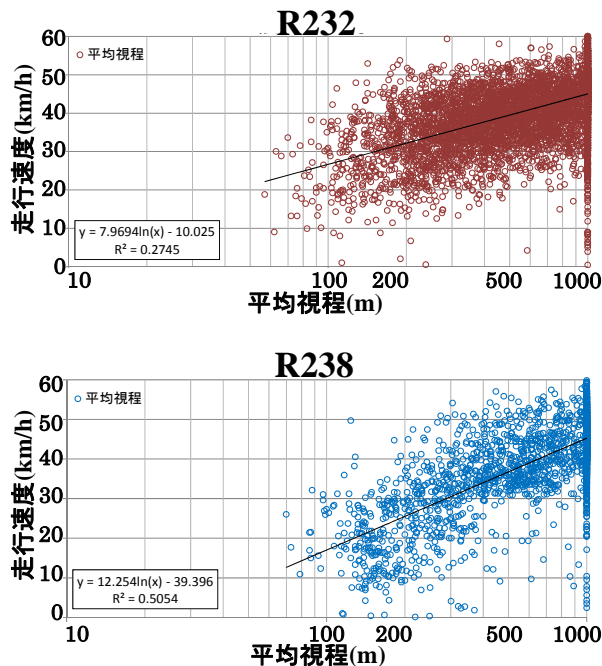


図 11 平均視程と走行速度

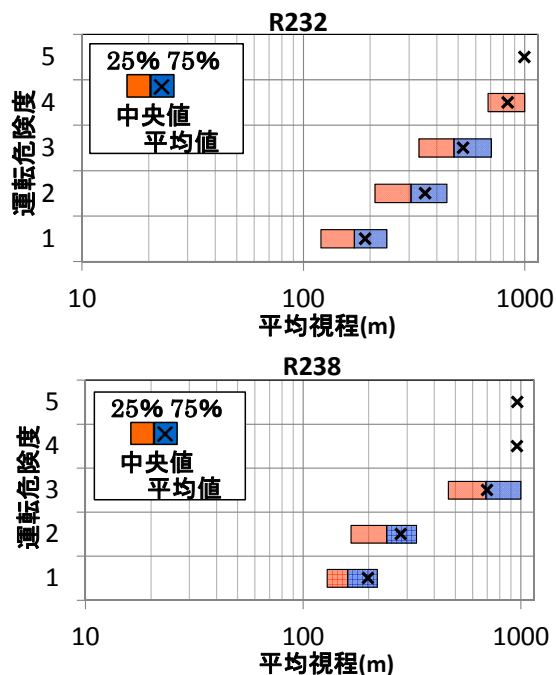


図 12 平均視程と運転危険度

と走行速度との関係を整理した。

図 11 より、平均視程 200m 未満の場合に走行速度が 30 km/h 程度まで低下する傾向が見られた。

次に、図 12 には同様に一般国道 238 号と 232 号で平成 24 年度の冬期間に取得した移動気象観測データを用い、平均視程と運転危険度との関係を整理した。横軸の平均視程には、各運転危険度に評価された区間の平均視程について、中央値と 25% 及び 75% タイル値、平均値をプロ

ットした。

図 12 より、運転危険度が「1:運転することができず、停止」と評価された区間においては、平均視程が中央値及び平均値で 200m 未満であった。このことから、平均視程が概ね 200m 未満となる箇所では運転危険度が高いと考えることができる。

既往研究¹⁰⁾においても、視程 200m 未満から走行速度が低下し運転に影響が生じ始めることが明らかとなっている。これは、本調査で得られた視程と運転危険度の関係とも概ね一致するものと考えられる。

ただし、既往研究¹⁰⁾ではさらに視程が 100m 未満になると、個々の車両の速度差が大きくなり、車両前後の運転挙動が不安定になり始めることを指摘している。このことから、視程 100m 未満で運転危険度はさらに高まることが考えられる。

本調査では、平均視程 100m 未満の観測事例が十分に取得できていなかったため、今後はこれらの事例について調査を進め視程と運転危険度との関係性を評価していく予定である。

5. まとめ

研究着手から 3 年を経て、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、視程低下に影響する沿道環境条件について、観測事例を基に分析を行った。その結果、視程への影響は地形条件や道路構造、風上平坦地の長さの違いなどによって大きいことを把握した。

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を 2 冬期間にわたり調査し、道路の両側から吹雪が発生する実態を把握した。

さらに、移動気象観測結果を活用した吹雪危険度評価技術の検討に向けて、移動気象観測により得られた視程と走行速度や運転危険度との関係について分析を行った。その結果、平均視程が概ね 200m 未満となる箇所では、運転危険度が非常に高い傾向があることを把握した。

研究 4 年目以降は、吹雪時の風向が異なる条件下で、さらに移動気象観測を実施し、吹雪の風向にも考慮した連続的な危険度評価技術の構築に向けて検討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, 北海道の雪氷, 2008

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) 道路防災点検の手引き編集委員会, 道路防災点検の手引き(豪雨・豪雪等)(平成 21 年 5 月), p170-178, 道路保全技術センター, 2009

4) 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), 土木研究所寒地土木研究所, p1-3-17~29, p1-4-14~45, 2011

5) 竹内政夫: 吹雪とその対策(4), 雪氷, 64 巻 1 号, p97-105, 2002

6) 松岡直基ら, 2013 年 3 月 2 日北海道の吹雪災害について - 主に気象的特徴から -, 北海道の雪氷, 第 32 号, 62-65, 2013

7) 竹内政夫, 石本敬志, 野原他喜男, 福沢義文: 降雪時の高い地吹雪の発生臨界風速 昭和 61 年度日本雪氷学会全国大会予稿集, 日本雪氷学会, p256, 1986

8) 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

9) 土木研究所寒地土木研究所: 平成 24 年度 重点プロジェクト研究報告書 - 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 -, 土木研究所, 2013

10) 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, (社)北海道開発技術センター, p325-331, 2004 年 10 月

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

KOKUBU Tetsuya

TAKECHI Hirotaka

WATANABE Takashi

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 analyzed the environmental conditions that may cause the visibility at roadside areas to deteriorate, toward elucidating the factors of snowstorm danger. We also measured the snow-drift transport rates according to wind direction and the occurrence frequency of poor visibility on the tested road for two winters. Furthermore, we analyzed the relation between visibility, driving speed and driving risk, towards establishing a method for assessing snowstorm risk by using mobile meteorological observations.

Key words : snowstorm risk, snowstorm, mobile meteorological observation, blowing-snow control facilities, snow fences, snowbreak woods, road structure