

道路構造による吹きだまり対策効果の定量化に関する研究

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 24～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、上田真代、
渡邊崇史

【要旨】

道路構造による吹きだまり対策の効果の定量化に向けて、本研究では現地観測や数値シミュレーションによる評価を行うこととした。平成 24 年度は実験場や現道における吹きだまり観測と、数値シミュレーションに向けた文献調査や道路上の風速分布観測を行った。また、これまでに行った吹きだまり観測データを整理し、切土・盛土道路における吹きだまりの発達速さを調査した。その結果、切土道路で吹きだまりが発達しやすく、切土道路における吹きだまりの深さは概ね累計吹雪量に比例して増加すること等が判った。

キーワード：暴風雪、吹雪、吹きだまり、道路構造、定量化

1. 研究の背景

近年、厳冬期に爆弾低気圧や強い冬型の気圧配置に起因する暴風雪により、道路上に大規模な吹きだまりが発生し、交通障害を引き起こすケースがしばしば発生している。道路構造による吹雪対策として防雪盛土等が用いられているが、既往研究が少なく定量的な防雪効果が明らかではない。このため、防雪盛土等の設計方法が十分に確立されていない。このため、一度の暴風雪に対して、どの程度の吹きだまり抑制効果が期待できるか不明な点が多い。防災・減災の観点から見て、道路構造ごとの吹きだまり量と積雪深や気象条件との関係を明らかにし、防雪効果を定量化することが極めて重要である。

このため、本研究では当研究所が札幌市近郊に所有する実験観測施設（石狩吹雪実験場）や現道にて吹きだまりの発達状況に関する現地観測を行う（図-1）。また、現地観測結果をもとに数値シミュレーションを実施し、道路構造ごとの吹きだまり対策効果を定量的に評価する。この内、平成 24 年度は切土・盛土道路における吹きだまりの発達する速さに関する検討を実施したので報告する。

2. 研究概要と成果

2.1 道路構造と吹きだまりとの関係の野外調査

平成 24 年度は、道路上での吹きだまりの発達状況について調査するため、石狩吹雪実験場内に造成した切土道路（切土深さ約 2.0m）と盛土道路（盛土高さ約 1.5m）、切土と盛土の中間部の平坦路についておいて、吹雪発生時の吹きだまり形状の観測を実施した（図-2）。本調査では、



図-1 観測実施箇所位置図

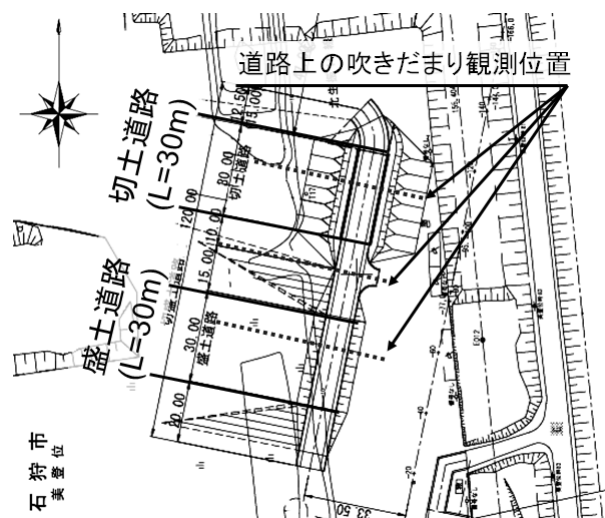


図-2 吹きだまり形状観測箇所配置図

計4回の吹雪について吹きだまりの形状変化のデータを取得した。また、冬期の切土道路、盛土道路、平坦路のそれぞれの積雪による道路周辺環境の変化を把握するため、石狩市内の一般国道231号にて、降雪前の11月と積雪期の1～3月の各1回、地形の測量を行った。

平成21～23年度の3冬期に、石狩吹雪実験場内の切土道路と盛土道路で取得したデータを用い、吹雪発生時の吹きだまりの発達状況について整理した。道路中心線の風上側50mから風下側10mの範囲について、吹雪発生前と吹雪継続中（最大2回）、吹雪終了後の吹きだまり形状の観測結果をもとに、6回の吹雪イベントにおいて合計15の吹きだまり発達状況のデータを取得した。なお、吹雪イベントとは、1回の吹雪の発生から終了までを言い、後述する吹雪量Q（単位幅を単位時間に通過する雪粒子の全質量）と風速Uの経験式を用いて、吹雪発生と終了を判別した。

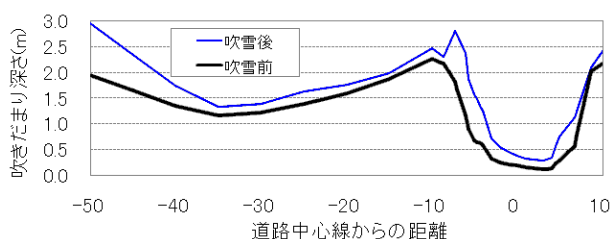


図-3 切土道路における吹きだまりの例

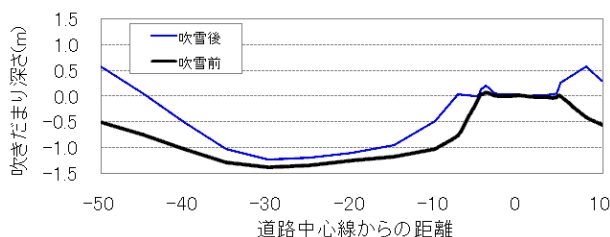


図-4 盛土道路における吹きだまりの例

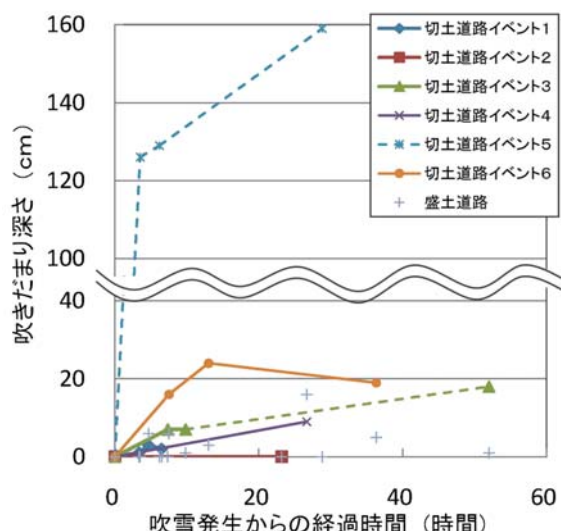


図-5 吹雪発生からの経過時間と切土・盛土道路の道路中心線上の吹きだまり深さ

切土・盛土道路における吹雪前後の吹きだまりの形状の変化の一般的な事例を、図-3と図-4にそれぞれ示す。この事例では、盛土道路には吹きだまりは見られず、一方、切土道路では道路中心線上で深さ18cmの吹きだまりの発生が見られた。

吹雪発生からの経過時間と、切土・盛土道路の道路中心線上の吹きだまり深さの関係について図-5に示す。盛土道路では、顕著な吹きだまりを生じた事例は見られなかった。しかし、切土道路では深さ15cmを超えるような吹きだまりの発生が多く見られた。切土道路に生じる吹きだまりの深さは、吹雪ごとに降雪や風速等の条件が異なるため、吹雪発生からの経過時間と吹きだまり深さの関係は一様ではない。

降雪や風速等の気象条件を考慮して吹きだまりの発達を評価するには、吹雪量を指標として用いることが有効と考えられる。そこで切土道路を対象に、吹雪発生からの累計吹雪量と道路中心線上の吹きだまりの深さとの関係について検討する。

実験場内で観測した高さ1mの風速（10分平均値）を吹雪量Qと風速Uの経験式(1)¹⁾に代入して10分毎の吹雪量を求めた後、吹雪発生からの吹雪量を合計して累計吹雪量を求めた。累計吹雪量の推定例を風速、気温データとともに図-6に示す。

$$Q=0.005U^4 \dots\dots (1)$$

表-1 吹雪の発生条件の設定

気 温	吹雪発生臨界風速	
	降雪あり	降雪なし
0～-5℃	6m/s以上	11m/s以上
-5℃以下	5m/s以上	10m/s以上

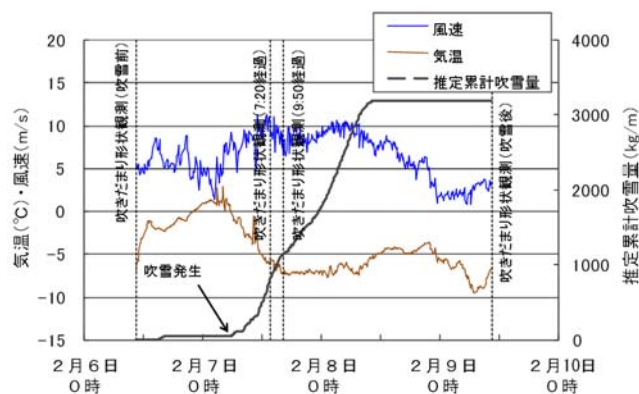


図-6 吹雪イベント時の気象状況と累計吹雪量の推定（イベント3，平成23年2月6～9日の例）

式(1)は、十分に吹雪が発達した条件で成り立つ。従って、式(1)は少なくとも吹雪の発生条件を満足される場合に適用される。ここでは既往文献²⁾を参考に、吹雪発生条件を表-1に示すように定めた。なお、風速と気温は実験場内で観測した10分平均値を、降雪の有無については石狩アメダスの降雪量の1時間データから判断した。

切土道路の道路中心線上における吹きだまりの深さと推定した累計吹雪量との関係について、図-7に示す。図中、吹きだまり深さの大きい4イベント(イベント3~6)について近似直線を付記した。

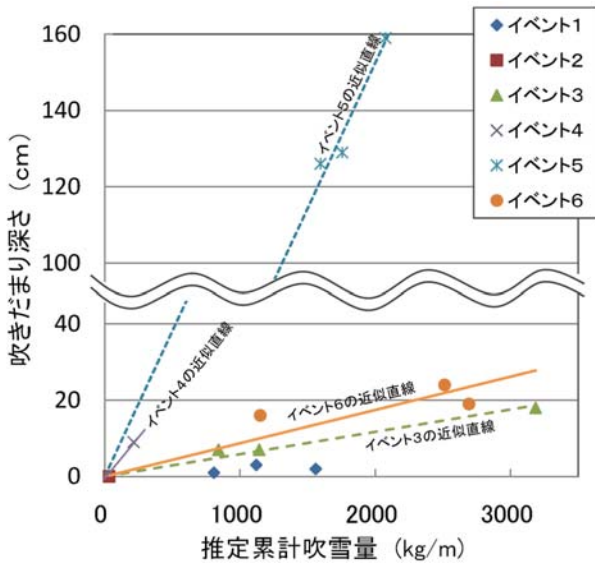


図-7 推定累計吹雪量と切土道路の道路中心線上の吹きだまり深さ

イベント毎の推定累計吹雪量と、切土道路の道路中心線上の吹きだまり深さには、比例的な関係が見られた。しかし、推定累計吹雪量に対する吹きだまり深さの増加割合はイベント毎に大きく異なり、イベント5の増加割合が最も大きかった。

ここで、イベント3~6における切土道路の吹きだまり形状の変化を図-8~11に、当日の気象状況を表-2に示す。イベント3と4は気温がやや高い事例で、吹きだまりは主に切土風上側斜面上に生じていた。イベント5と6はともに風速が高く気温が低い事例であるが、イベント6では降雪が少なかった。吹雪の供給源が風上側の新雪であるため、降雪が少なかったイベント6では吹きだまりが道路中心線までに止まったのに対し、降雪が多かったイベント5では吹雪前に風上側の堆雪スペースが雪で埋まっていたため、切土風上側斜面上の吹きだまりが早期に道路中心線を越えて発達したものと考えられる。吹雪量に対し、風上側に十分な堆雪スペースが無い切土道路では、吹きだまり

りが短時間で発達する恐れがあるため、注意が必要である。

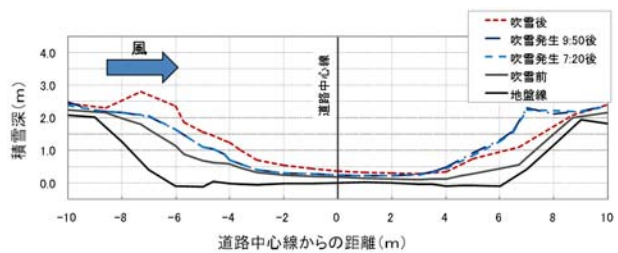


図-8 イベント3の吹きだまり形状の変化 (平成23年2月6~9日)

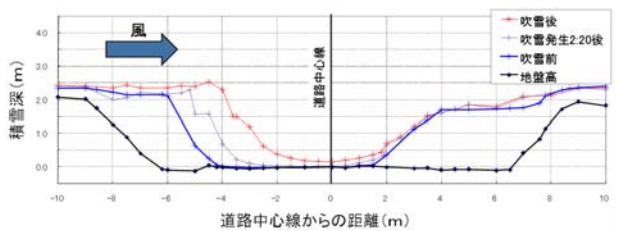


図-9 イベント4の吹きだまり形状の変化 (平成24年1月23~24日)

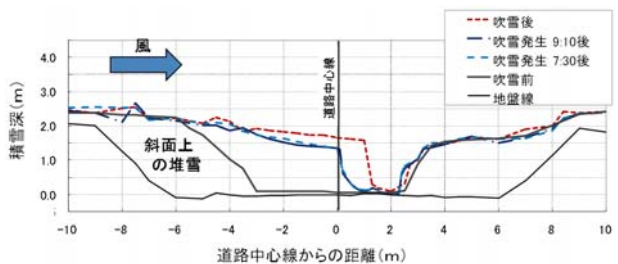


図-10 イベント5の吹きだまり形状の変化 (平成24年2月8~9日)

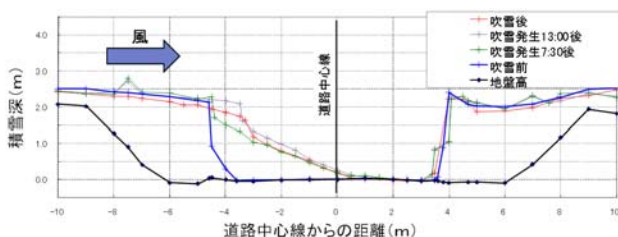


図-11 イベント6の吹きだまり形状の変化 (平成24年2月21~22日)

表-2 イベント3~6の気象状況

イベント	発生日	風速 (m/s)	気温 (°C)	降雪 (cm)
3	H23. 2. 6~9	5~11	-7~-3	15
4	H24. 1. 23~24	3~8	-7~-2	28
5	H24. 2. 8~9	5~12	-10~-8	14
6	H24. 2. 21~22	3~12	-9~-3	5

※ 降雪は吹雪発生12時間前から吹雪終了までの累計値

2.2 吹雪シミュレーションに関する調査

道路構造による吹きだまり対策効果の定量化に向けては、現地観測が不可欠であるが、観測回数や観測対象が限られることから、数年単位の短い期間で多様な地形条件に対する十分な観測データを得ることは難しい。こうした場合には、模擬実験や数値解析等により現地観測結果を補う手法が効果的と考えられる。近年、数値シミュレーションにより吹雪対策の効果評価を行う事例が増加しつつあることから、本研究では数値シミュレーションプログラムを作成し、吹きだまり対策の定量的な評価に取り組むこととした。

平成24年度は文献調査を行い、吹雪シミュレーションプログラム作成に必要な諸条件（気流のモデル、浮遊層のモデル、跳躍層のモデル、格子形状、吹雪対策施設の取扱い等）について整理した（表-3）。また、シミュレーション結果の精度検証にはベンチマークとなるデータが必要であり、平成24年度は盛土、切土、平坦路における風速分布の観測を石狩吹雪実験場にて行った。

表-3 シミュレーションの諸条件

大項目	中項目	小項目	条 件	備 考
構成モデル	気流のモデル	アルゴリズム	—有限差分法 ○有限体積法	
		基礎方程式	○RANSモデル —LESモデル	
		乱流モデル	○標準k-εモデル ・LKモデル ・MMKモデル ・Durbinモデル ・RNG k-εモデル ・低Re数型k-εモデル	複数のモデルを実装可能なこと
	浮遊層のモデル	基礎方程式	○乱流拡散係数による移流拡散方程式	比例係数を変更可能なこと
		落下速度	○降雪起源と雪面起源の雪粒子の異なる2つを設定	
		モデル	○オイラーモデル —ラグランジェモデル	
	跳躍層のモデル	跳躍層の扱い	○ある層厚の跳躍層を仮定 —跳躍層を設けない	
		吹きだまり	○最下層の沈着量と侵食量のバランスで表現	
		吹きだまり密度	○自由に変更可能なこと	パラメータとして入力可能なこと
	計算領域等	格子	格子形状	○構造格子 ○非構造格子
対策施設			—空隙率を持つ体積抵抗物 ○格子界面上の空隙持つ面的抵抗物	
		植生	○キャノピーモデル	1モデルを切替可能なこと

※ 凡例 「○」 選択する 「・」 選択可 「—」 選択しない

3. まとめ

激甚化した暴風雪により、道路上で大規模な吹きだまりが発生し、交通障害を引き起こすケースがしばしば発生している。道路構造による吹雪対策として防雪盛土等が用いられているが、防雪効果については定量的に明らかではない。道路構造による吹きだまり対策の効果の定量化に向けて、本研究では現地観測や数値シミュレーションによる評価を行うこととした。平成24年度は石狩吹雪実験場や現道における吹きだまり観測と、数値シミュレーションに向けた文献調査や道路上の風速分布観測を行った。

また、過年度に実施した吹きだまり観測データを整理し、切土・盛土道路における吹きだまりの発達する速さを調査した。その結果、切土道路における吹きだまりの深さは概ね累計吹雪量に比例して増加すること等が判った。また、切土道路に十分な堆雪スペースが無い場合、切土風上側斜面上の吹きだまりが早期に道路中心線を越えた事例も見られ、吹雪量が多い場合には注意が必要である。今後は、さらに観測データの蓄積を図るとともに、吹きだまりの発達と吹雪量との関係を明らかにし、吹きだまり災害の防止に向けた検討を進めることとしたい。

参考文献

- 1) 松澤勝ほか, 2010; 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, pp45-48.
- 2) 日本雪氷学会北海道支部, 1991; 雪氷調査法, pp19.

STUDY ON QUANTIFICATION OF EFFECTIVENESS OF HIGHWAY STRUCTURES TO MITIGATE SNOWDRIFTS

Budget : Grants for operating expenses

General account

Research Period : FY2012-2015

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

Author : MATSUZAWA Masaru

KANEKO Manabu

UEDA Masayo

WATANABE Takashi

Abstract :

This study intends to assess the effectiveness of highway structures in mitigating snowdrifts through onsite investigations and numerical simulations, towards quantifying that effectiveness. In FY 2012, we surveyed snowdrifts in the laboratory and on roads, we surveyed the literature to prepare for numerical simulations of the effectiveness of highway structures and we measured the wind velocity distribution at roads. Additionally, we summarized previous survey data on snowdrifts and investigated the snowdrift growth rate at roads with cuts and fills. This research has found that snowdrifts are more likely to occur at roads with cuts than at roads with fills and that the depth of snowdrifts increases in proportion to the accumulated snowdrift transport rate.

Keywords : snowstorm, blowing snow, snowdrift, road structure, quantification