

# 切土・盛土道路における吹きだまりの発達と 車両の発進が困難となる吹きだまり深さに関する検討

金子学<sup>1</sup>，松澤勝<sup>1</sup>，渡邊崇史<sup>1</sup>

## 1. はじめに

積雪寒冷地の冬期道路では、吹きだまりにより多くの車両が立ち往生する吹雪災害がしばしば発生している（写真 - 1）。こうした吹雪災害の被害軽減に向けては、車両の走行が困難となる吹きだまりの深さや、吹雪の程度と道路上の吹きだまりの発達との関係を把握することが重要である。しかし、どの程度の速さで吹きだまりが発達し、車両の走行が困難となるのかについては明らかとはなっていない。

このため、本研究では寒地土木研究所が北海道石狩市郊外に有する実験施設（石狩吹雪実験場、図 - 1）において、車両の発進実験と吹雪時の吹きだまり形状の観測を実施し、車両の発進が困難となる吹きだまり深さや、切土・盛土道路での吹きだまりの発達する速さについて調査することとした。



写真 - 1 吹きだまり災害事例  
（北海道開発局室蘭開発建設部提供）



図 - 1 石狩吹雪実験場

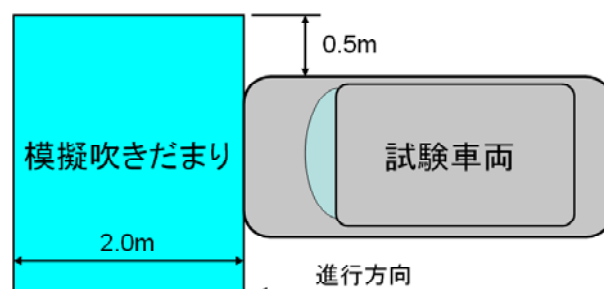


図 - 2 車両の発進実験概念図

合を発進可能と判定した。なお、試験車両には、前輪駆動自動変速機付きの軽自動車を用い、吹きだまり密度については容量100ccの角形サンプラーにより雪面表面付近の3点で計測し、平均値した値を用いた。

## 2.2 実験結果

車両の発進実験の状況を写真 - 2に、また、発進実験の結果を表 - 1に示す。

積み上げた雪を用いた実験では、吹きだまり深さ15cmで、また、実際の吹きだまりを用いた実験では深さ20cmで車両の発進が困難となった。なお、模擬吹きだまりの雪の密度は、積み上げた雪の場合は $400 \sim 440 \text{kg/m}^3$ 、実際の吹きだまりでは $270 \sim 290 \text{kg/m}^3$ となっていた。

実際の吹きだまりを用いた実験で深さ15cmまで発進可能であったことから、通常は吹きだまりの深さが15cmを超える場合に、また、車両の通行や気温等の影響により雪

## 2. 車両の発進が困難となる吹きだまり深さの調査

### 2.1 実験方法

車両の発進が困難となる吹きだまりの深さを把握するため、石狩吹雪実験場（図 - 1）内の道路において、車両の発進実験を実施した（図 - 2）。模擬吹きだまりとしては、平成21年度には積み上げた雪を、平成22年度には道路上にできた吹きだまりを用い、一定の高さに整形した模擬吹きだまりに接して停止した試験車両を発進させ、延長2mの吹きだまりを走り抜けることができた場

\* 1 独立行政法人土木研究所 寒地土木研究所 寒地道路研究グループ 雪氷チーム

の密度が高い状況では吹きだまりの深さが10cmを超える場合に発進困難な車両が現れ、こうした道路上で多数の車両が立ち往生する吹きだまり災害が発生する恐れが生じるものと考えられる。

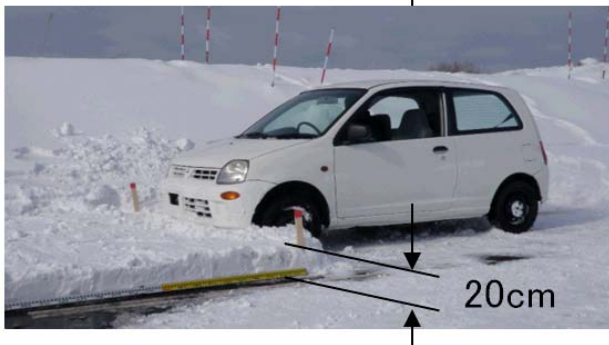


写真 - 2 車両の発進実験状況 (平成22年度)

表 - 1 発進実験結果

試験年度	吹きだまり深さ (cm)	発進の可否 (移動距離)	積雪密度 (kg/m <sup>3</sup> )
平成21年度 (積み上げた雪)	10	可	400
	15	不可(44cm)	410
	20	不可(14cm)	430
	25	不可	440
	30	不可	420
平成22年度 (吹きだまりを整形)	15	可	270
	20	不可(18cm)	290
	30	不可(10cm)	290

### 3. 切土・盛土道路における吹きだまりの観測

#### 3.1 観測方法

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) において、吹雪発生時の吹きだまり形状の観測を平成21~23年度の3冬期に実施した (図 - 3)。吹きだまり形状の観測は、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) 吹雪終了後に実施し、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。また、吹きだまり形状の観測に合わせ、道路中心線とその風上側2.5m及び10mの3点で全層サンプラーにより積雪密度の観測を行った。

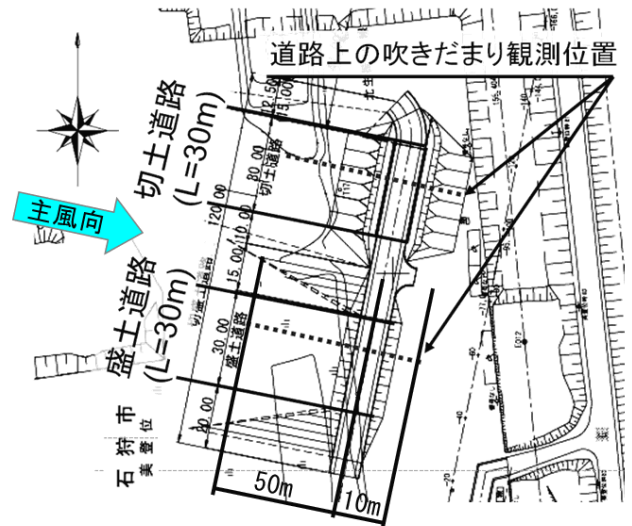


図 - 3 吹きだまり観測箇所

#### 3.2 観測結果

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 - 4 と図 - 5 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。なお、吹雪後の吹きだまりの雪密度は盛土道路・切土道路とも平均210kg/cm<sup>3</sup>であり、平成22年度の車両発進実験時の積雪密度に近い値となっていた。

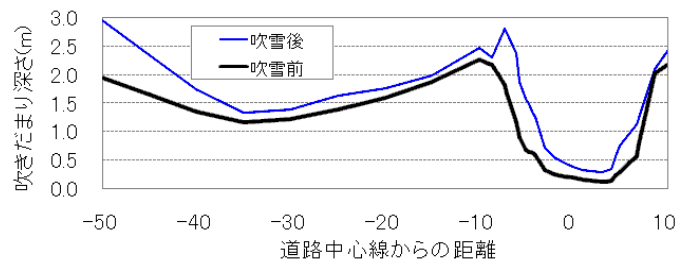


図 - 4 切土道路における吹きだまりの例

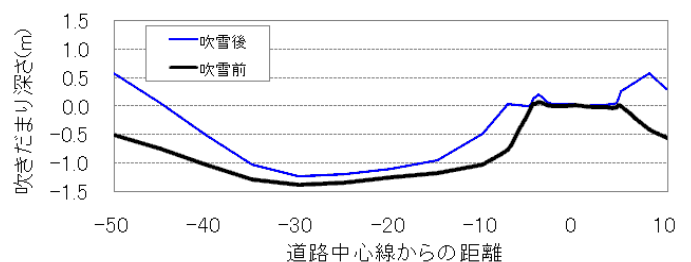


図 - 5 盛土道路における吹きだまりの例

#### 4. 吹きだまりの発達する速さに関する検討

##### 4.1 吹雪発生からの経過時間と切土・盛土道路の吹きだまり深さ

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 - 6 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。

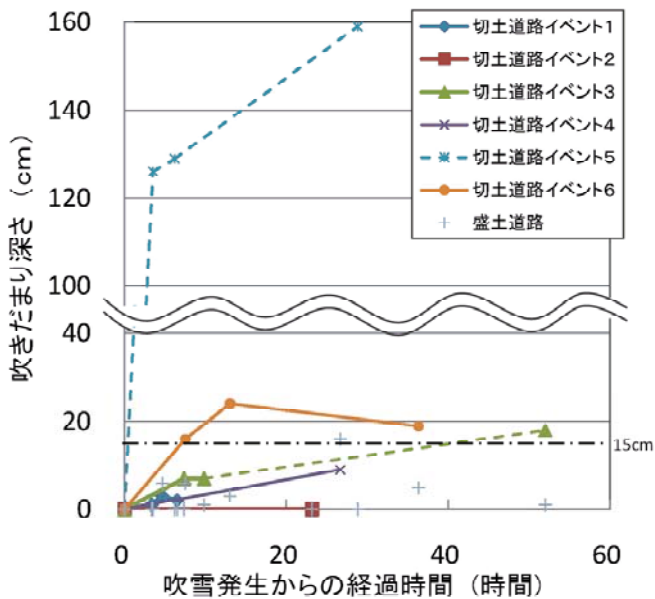


図 - 6 吹雪発生からの経過時間と切土・盛土道路の道路中心線上の吹きだまり深さ

##### 4.2 累計吹雪量と切土道路の吹きだまり深さ

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（単位幅を単位時間に通過する雪粒子の全質量）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 1 m の風速（10 分平均値）を吹雪量  $Q$  と風速  $U$  の経験式(1)<sup>1)</sup> 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 - 7 に示す。

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

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<sup>2)</sup>を参考に、吹雪発生条件を表 - 2 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。

表 - 2 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

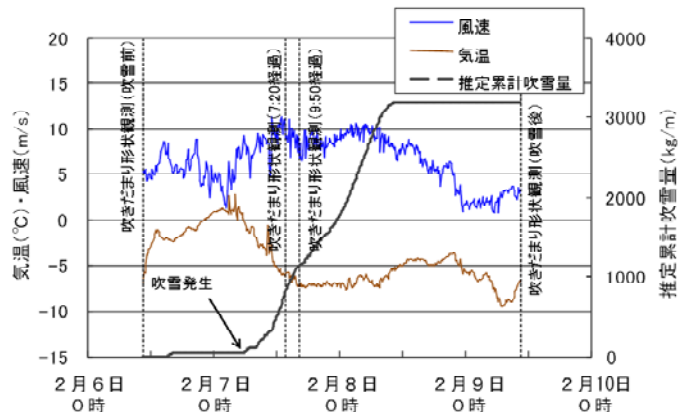


図 - 7 吹雪イベント時の気象状況と累計吹雪量の推定（イベント3，平成23年2月6～9日の例）

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 - 8 に示す。図中、吹きだまり深さの大きい4イベントについて近似直線を付記した。

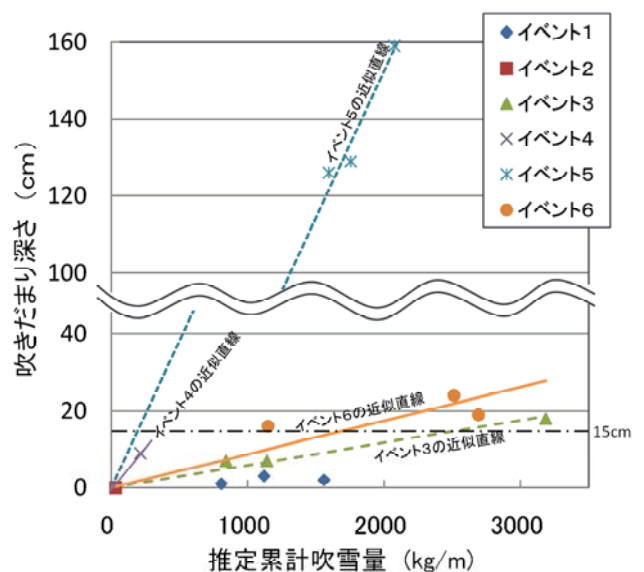


図 - 8 推定累計吹雪量と切土道路の道路中心線上の吹きだまり深さ



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、近似直線は実測値と近い値を示した。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-9～12に、当日の気象状況を表-3に示す。イベント3と4は気温がやや高い事例で、吹きだまりは主に風上側切土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。

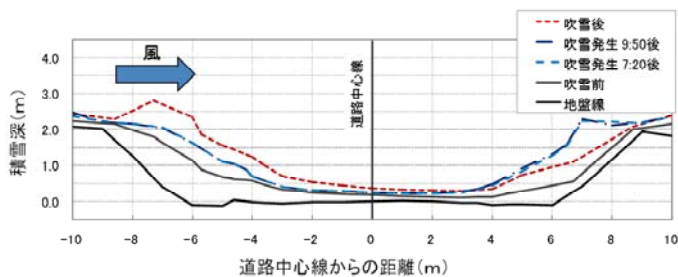


図-9 イベント3の吹きだまり形状の変化  
(平成23年2月6～9日)

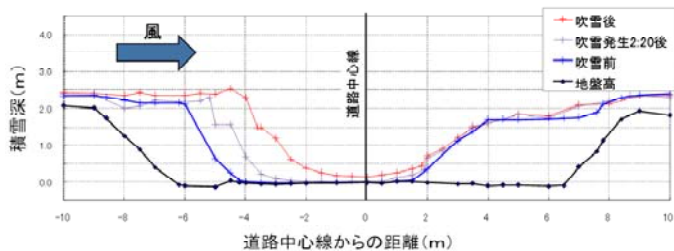


図-10 イベント4の吹きだまり形状の変化  
(平成24年1月23～24日)

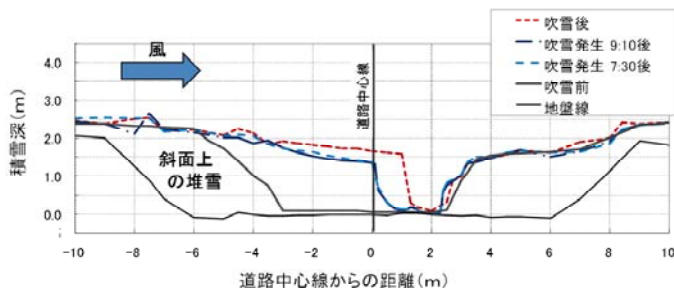


図-11 イベント5の吹きだまり形状の変化  
(平成24年2月8～9日)

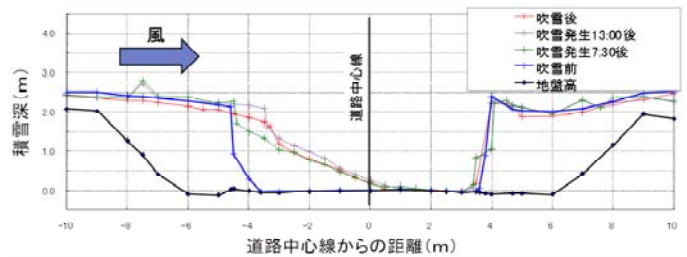


図-12 イベント6の吹きだまり形状の変化  
(平成24年2月21～22日)

表-3 イベント3～6の気象状況

イベント	発生日	風速 (m/s)	気温 ( )	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

#### 4. まとめ

吹きだまり災害の被害軽減に向けて、本研究では実験場にて車両の発進実験と吹雪時の吹きだまり形状の観測とを実施し、車両の発進が困難となる吹きだまり深さや、切土・盛土道路における吹きだまりの発達する速さについて調査した。その結果、吹きだまりの深さが15cmを超えると発進できない車両が発生する恐れが高いこと、盛土道路と比べて切土道路で吹きだまりが発達しやすいこと、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.