

吹きだまりの発達と車両の発進限界に関する実験

(独) 土木研究所寒地土木研究所 雪氷チーム ○金子 学
松澤 勝
渡邊崇史

北海道内の冬期道路では、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する。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、本研究では道路上での吹きだまりの発達速さの観測と、吹きだまり上での車両の発進実験を行なった。その結果、切土道路では盛土道路と比べて吹きだまりが発達しやすいこと、吹きだまりの高さが15cmを超えると車両の発進が難しくなることが判った。

キーワード：吹雪、吹きだまり、災害、立ち往生

1. はじめに

北海道内の冬期道路では、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する。吹きだまり災害の防止に向けて、車両の走行が困難となる吹きだまりの深さ及び、吹雪の程度と道路上の吹きだまりの発達との関係を明らかに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、本研究では道路上における吹きだまりの発達状況の観測と、吹きだまりでの車両の発進の可否に関する実験により、検討を行なった。



図-1 石狩吹雪実験場位置図

2. 車両の発進限界と吹きだまり深さの関係

2.1 実験方法

吹きだまりでの車両の発進の可否に関しては、石狩吹雪実験場(図-1)内の道路で、平成21年度には積み上げた雪を用いた車両発進実験を実施した。試験車両には前輪駆動、自動変速機付きの軽自動車を使用した。積み上げた雪の場合、実際の吹きだまりよりも密度が高く、乱された雪であり、実際の吹きだまりと異なる懸念があったことから、平成22年度には切土道路上に実際に発生した吹きだまりを切り取り整形して実験を行なった(図-2)。ここで、模擬吹きだまりの延長は2mとし、吹きだまりを走り抜けることが出来た場合について、発進可と判定した。

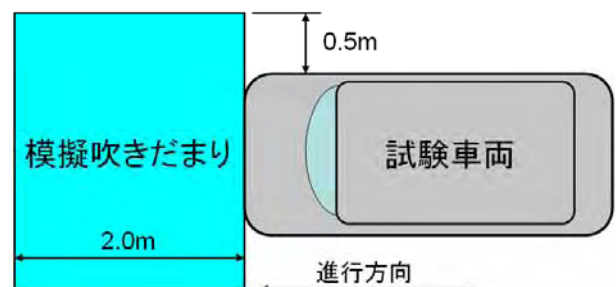


図-2 車両の発進実験概要図

2.2 実験結果

車両の発進実験の状況について写真-1に、また、平成21年度と平成22年度の発進実験の結果をまとめて表-1に示す。

模擬吹きだまりの雪の密度について見ると、平成21年度の雪を盛り上げた実験では 400kg/m^3 以上と、後述する今回観測した道路上の吹きだまりと比

べて高い値となっていた。また、22年度は実際の吹きだまりを切り取って行なったため、 $200\text{kg}/\text{m}^3$ 台と、実際の吹きだまりに近い値を示していた。

平成21年度の実験では吹きだまり深さ約15cmで発進が困難となったが、平成22年度の実験では深さ15cmまでは発進可能となっていた。本実験の結果、積雪密度によって車両の発進が可能な吹きだまりの深さが異なり、通常は深さ15cmを超える吹きだまりで、また、雪の密度が高い場合には深さ10cmを超える吹きだまりで、車両の発進が難しくなることが判った。

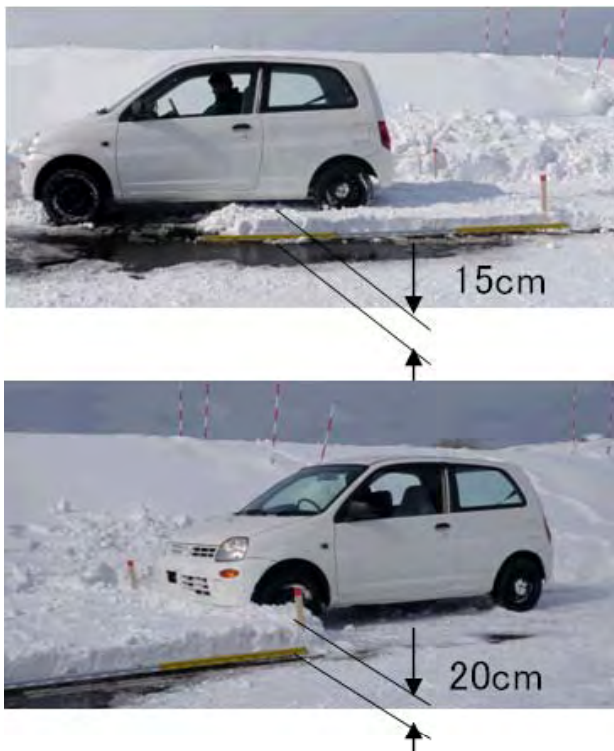


写真-1 発進実験状況 (平成22年度)

表-1 発進実験結果

試験年度	吹きだまり深さ (cm)	発進可否と (移動距離)	積雪密度 (kg/m^3)
H21	10	可	400
	15	不可(44cm)	410
	20	不可(14cm)	430
	25	不可	440
	30	不可	420
H22	15	可	270
	20	不可(18cm)	290
	30	不可(10cm)	290

3. 吹きだまりの発達速度に関する観測

3.1 観測方法

石狩吹雪実験場内の盛土道路 (盛土高さ約1.5m) と、切土道路 (切土深さ約2.0m) において、吹雪時の吹きだまりの観測を行なった。停止車両による吹きだまり形状の変化について把握するため、道路単独での吹きだまりに加え、風上側車線に車両を配置した側線についても、車両周辺の吹きだまりを観測した (図-3)。なお、吹きだまり形状については、道路中心線から風上側50mから風下側10mの範囲で、吹雪前と吹雪の途中2回、吹雪後の計4回の観測を行なった。また、積雪密度については、吹きだまり形状の観測に合わせ、道路中心線から風上側0m、2.5m、10mの3地点で密度サンプラーを用いて計測した。



図-3 観測箇所配置図

3.2 観測結果

吹雪前後及び吹雪中に、盛土道路と切土道路の車両を配置していない側線で観測した吹きだまりの形状については、図-4と図-5にそれぞれ示す。なお、吹きだまり形状の観測日時は、以下のとおりである。

吹雪前：2月6日 10時30分

吹雪中1：2月7日 14時00分

吹雪中2：2月7日 16時30分

吹雪後：2月9日 10時30分

盛土道路では、吹雪後まで明確な吹きだまりは発生しなかったが、一方、切土道路では道路中心線上で、観測開始から27.5時間後 (「吹雪中1」) に高さ7cmの、吹雪後には18cmの吹きだまりを生じていた。なお、吹雪後の吹きだまり密度は盛土道路・切土道路とも平均で $210\text{kg}/\text{cm}^3$ となっていた。

次に、車両がある場合の盛土・切土道路での吹きだまり形状について、図-6、図-7にそれぞれ示す。車両周辺では吹きだまり形状が複雑になるため、道路上の吹きだまりを拡大して図示した。

盛土道路では、吹雪後の車両近傍の吹きだまりの深さは10cm程度であったが、風下側車線には30cmの吹きだまりが発生していた。

次に、切土道路について見ると、「吹雪中1」の時点で車両風下側に深さ20cmの、吹雪後には車両近傍に30cmの吹きだまりがそれぞれ発生していた。

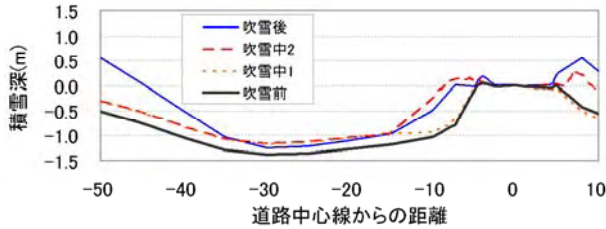


図-4 盛土道路における吹きだまり形状

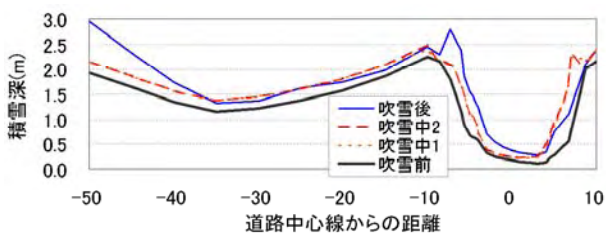


図-5 切土道路における吹きだまり形状

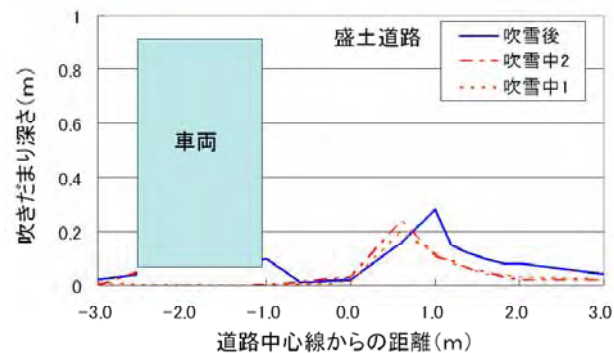


図-6 盛土道路の車両周辺の吹きだまり

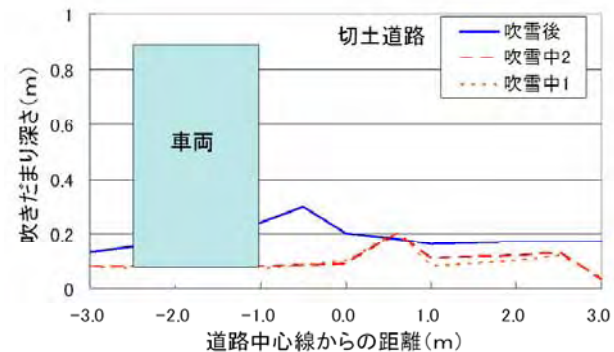


図-7 切土道路の車両周辺の吹きだまり

4. 検討

4.1 吹雪量に関する検討

吹きだまりが発達する速さを評価する際には、吹雪の程度を把握する必要がある。吹雪量を求めるには、吹雪量の鉛直分布と、吹雪量の時間的変動を把

握する必要がある、直接的に求めることは難しい。このため、本報告では、実験場内で観測した風速データを高さ1mの値に換算し、以下の吹雪量 Q と風速 U の経験式¹⁾(式-1)に代入して吹雪量を求めた。計算には10分平均の風速を用い、10分毎に算出した吹雪量を観測期間について合計し、累計吹雪量を推定した。

$$Q = 0.005U^4 \dots\dots \text{式-1}$$

吹雪量の経験式の適用にあたり、吹雪発生臨界風速を設定する必要があるが、ここでは既往文献²⁾を参考に、吹雪の発生条件を以下のように定めた(表-2)。なお、降雪の有無については、実験場内の観測データが無かったため、石狩アメダスの降雪量(1時間データ)から降雪の有無について判断した。

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

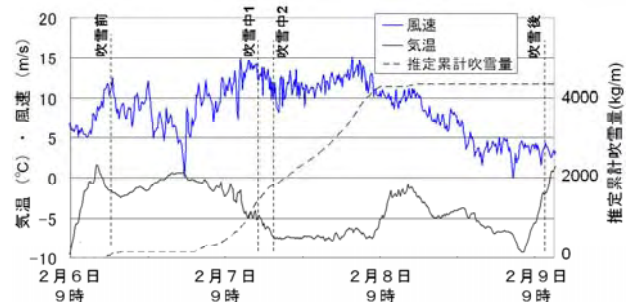


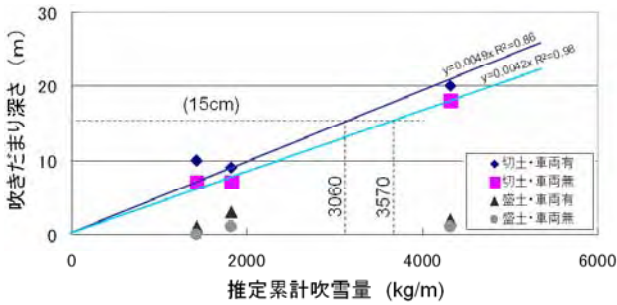
図-8 推定吹雪量・風速・気温

経験式により推定した累計吹雪量について、実験場内で観測した風速・気温とともに図-8に示す。図中、前述した道路上の吹きだまり発達速度の観測時点を付記した。

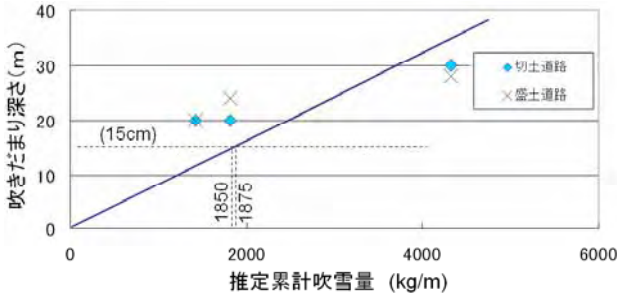
3日間の累計吹雪量は約4300kg/mと推定された。なお、当日は降雪を伴う吹雪となっており、風速は5~15m/s、気温は0℃~-8℃程度であった。

4.2 吹きだまり量と吹雪量の関係について

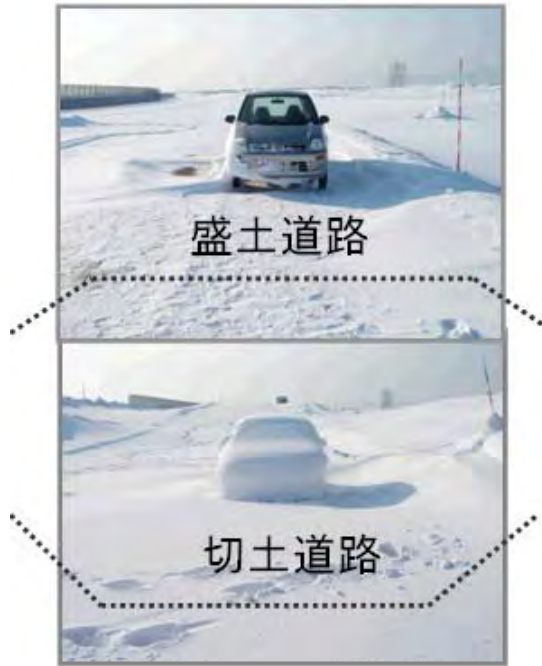
道路中心線上での吹きだまりの深さの観測値と、経験式により推定した吹雪量の関係について図-9に示す。今回の吹雪の事例では、盛土道路では吹きだまりは殆ど生じなかった。一方、切土道路では、車両の通行に支障となる吹きだまりが発生したため、観測値の回帰直線を図中に示した。切土道路では、車両がある場合には推定吹雪量3060kg/m、車両がない場合には推定吹雪量3570kg/mの時点で車両の



図一 9 道路中心線上の吹きだまりと推定吹雪量



図一 10 道路上の最深の吹きだまりと推定吹雪量



写真一 2 車両周辺の吹きだまり状況

発進限界である15cmの吹きだまり深さに達する。

また、車両を配置した測線の道路上における吹きだまり深さの最大値と、推定吹雪量との関係について図一 10 に示す。車両の風下側に発生する吹きだまりの発達の速さには、ばらつきが見られるものの盛土・切土を問わず推定吹雪量1850kg/m程度で車両の発進限界の深さ15cmに達し、その発達速さは車両を配置しない切土道路の約2倍に及ぶ。車両周辺に

生じた吹きだまりを写真一 2 に示す。

なお、文献によると、吹雪により視程が20m程度に低下した際には車両の走行が困難となるとされ³⁾、視程障害時の停止車両周辺では、盛土・切土を問わず、車両周辺に吹きだまりが発達し、交通障害を生じるものと想定される。

5. まとめ

本研究では、吹雪時の盛土道路・切土道路における吹きだまりの発達の速さの観測と、吹きだまりでの車両の発進実験を行なった。その結果、切土道路では盛土道路と比べて吹きだまりが発達しやすく、停止車両の周辺では速く吹きだまりが生じること、高さ15cmを超える吹きだまりで車両の発進が困難となること等が判った。

6. 今後の課題

本報告では、吹雪量として風速からの推定値を用いた。今後の検討では、SPCやネット式吹雪計により直接計測した値を用い、精度の向上を図ることとしたい。また、短時間で吹きだまりが発達する激しい吹雪や、盛土道路に雪堤を生じた条件での観測を行ない、研究内容の充実に努めていきたい。

当研究所が別途行なった調査では、吹きだまりにより排気管が閉塞した際に、短時間で車内の一酸化炭素濃度が人体に危険な水準に上昇することが判っており⁴⁾、こうした内容を含め、吹きだまり災害の防止に向けた総合的な検討を行なう予定である。

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.
- 3) 福澤義文ほか, 1996; 吹雪時における車両の走行限界について, 土木学会第51回年次学術講演会論文集, pp794-795.
- 4) 小宮山一重ほか, 2011; 雪に埋もれた車両内における一酸化炭素濃度の変化について, 雪氷研究大会 (2011・長岡)