

片切土における吹きだまりの発達過程に関する調査 —2016 年度冬期における弟子屈町での観測事例— Survey on the Process of Snowdrift Development at a Cut - Observation in Teshikaga Town in the winter 2016/2017 -

武知洋太, 大宮哲, 原田裕介, 松澤勝, 小中隆範 ((国研) 土木研究所 寒地土木研究所)
Hirotaka Takechi, Satoshi Omiya, Yusuke Harada, Masaru Matsuzawa, Takanori Konaka

1. はじめに

近年, 切土道路において吹きだまりが発生し車両が立ち往生するなどの交通障害が発生しており¹⁾, 切土道路に発生する吹きだまりをリアルタイムに予測することは重要と考えられる. しかし, 切土構造や気象条件の違いによる道路上への吹きだまりの発達過程は明らかとされていない.

そこで本研究では, 片切土において吹雪による吹きだまりの発生状況を調査し, 吹きだまりの発達過程と気象条件との関係について分析を行った.

2. 調査方法

著者らは, 北海道弟子屈町 (図 1) の郊外にある高さ約 2m の片切土 (図 2) で吹きだまりの発達過程を調査した. 調査箇所の風上には, 吹雪が十分発達する 500m 以上の吹走距離が存在する (図 1, 図 2 上).

調査では, 片切土の風下側に第 3 種第 1 級の 2 車線道路²⁾を想定し, 青線で示す計測線上の吹きだまり深さを計測した (図 2 上). 計測では, 図 2 に示すように 9 本のスノーポールを設置しタイムラプスカメラを用い 6~16 時に 20 分間隔で撮影した (図 2). さらに, 風上側の車線中心には積雪深計を設置し 1 時間毎に計測した (図 2). なお, 計測期間は 2016 年 11 月 20 日から 2017 年 1 月 17 日とした.

また, 観測終了時の 1 月 17 日には全層サンプラーと測深棒を用い風上側の車線中心付近で積雪の全層密度を計測した.

3. 分析方法

(1) 分析対象

2016 年 12 月 9 日に北日本で低気圧が発達し, その後に北海道東部で低気圧が停滞し冬型の気圧配置が 12 月 12 日頃まで継続した³⁾結果, 調査箇所でも図 3 に示す通り吹きだまりが大きく発達した.

そこで本論文では, この期間に着目し吹きだまりの発達過程と気象条件との関係について分析を行った.



図 1 調査箇所

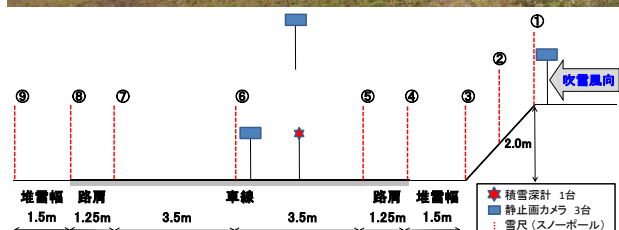
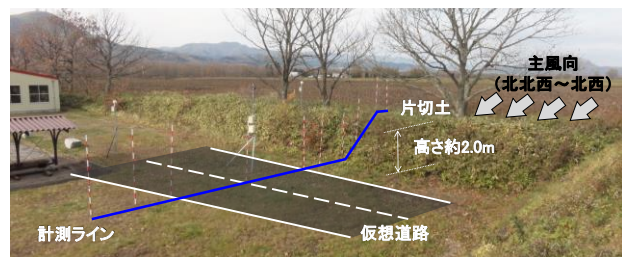


図 2 調査箇所への計測機器の配置状況

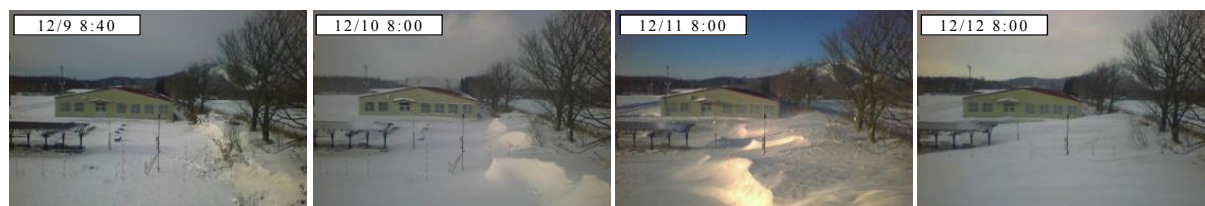


図3 吹きだまり状況の撮影結果 (全景)

(2) 分析期間の気象条件

調査箇所の近傍にある弟子屈アメダス(図1)で観測された10分データを基に、吹きだまりが発達した期間の気象状況を整理した(図4)。また、強風時には降水量が正確に計測されていない恐れがあるため、撮影した静止画像(日中のみ)により降雪有無の判定を行うとともに、北海道開発局が弟子屈に設置

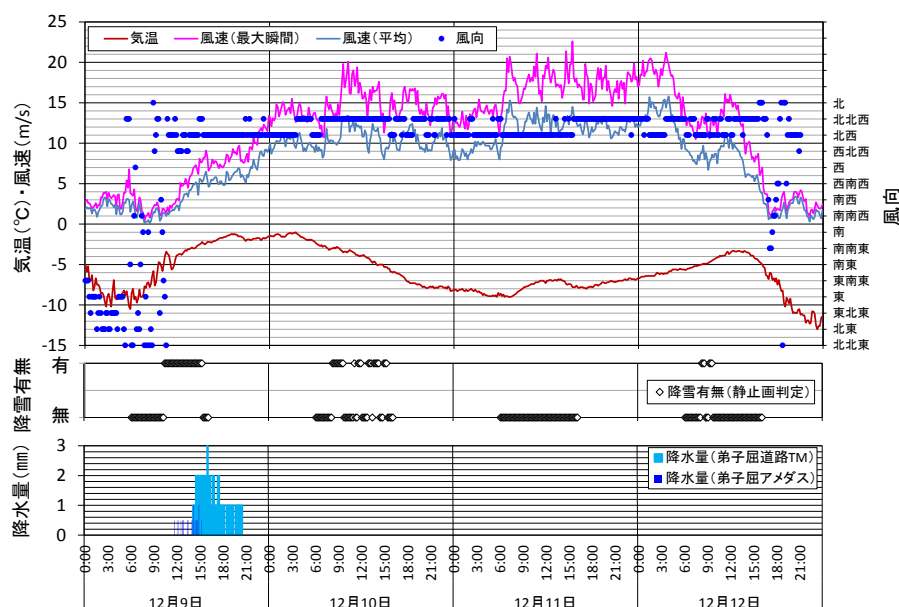


図4 気象条件 (弟子屈アメダス・道路 TM)

している道路気象テレメータ(以下、道路 TM)(図1)の降水量データも記した(図4)。

図4より、9日午後から北西～北北西からの風が徐々に強まり、10～11日にかけて平均風速10m/s前後の強風が継続したほか、気温は-1～-9℃であった。なお、9日午後には0.5～3.0mm/10minの降水量が計測されており降雪が見られた。また、静止画像で判定した結果からは翌日の10日にも降雪が見られた。

(3) 吹雪量の推定

吹きだまりの発生には吹雪量が大きく寄与することから、以下の方法で吹雪量を推定した。はじめに地吹雪発生の有無を判別し、地吹雪発生と判別された場合に松澤ら⁴⁾らが示した式(1)によりその間の吹雪量を見積もった。なお、地吹雪発生の判別は、竹内ら⁵⁾や雪氷調査法⁶⁾を参考に、降雪有無で分類し条件1、条件2により判定した。

$$Q = 0.005 \times U_{1.2}^4 \quad \dots\dots\dots \text{式(1)}$$

【条件1 (降雪有り)】: $T \leq -5^\circ\text{C}$ かつ $U \geq 5\text{m/s}$ 又は $-5^\circ\text{C} < T < 0^\circ\text{C}$ かつ $U \geq 6\text{m/s}$

【条件2 (降雪無し)】: $T \leq -5^\circ\text{C}$ かつ $U \geq 10\text{m/s}$ 又は $-5^\circ\text{C} < T < 0^\circ\text{C}$ かつ $U \geq 11\text{m/s}$

ここで、 Q は吹雪量(g/m/s)、 $U_{1.2}$ は高度1.2mでの平均風速(m/s)、 T は気温(℃)、 U は高度10mでの瞬間最大風速(m/s)を示す。

また、吹雪量の計算に用いる各データは弟子屈のアメダスデータ(10分値)を利用した。ただし、降水有無の判定については、画像による判定を基本とし画像がない夜間は、弟子屈のアメダス及び道路 TMの降水量データが0mmでない場合を降雪有りとした。また、各高度における風速は対数則(雪面粗度を $1.5 \times 10^{-4}\text{m}$ とする)より求めた。

(4) 吹きだまり量の算出

撮影画像及び積雪深計のデータより 6～16 時の 1 時間毎の吹きだまり深さを整理した。図 5 には、各観測日の 6 時及び 16 時の雪丘形状を示した。

図 5 より、9 日 6～16 時までの期間には各計測箇所では概ね 10～15cm の積雪増加がみられた。また図 4 より、9 日 6～16 時までには平均風速がほぼ 5m/s 未満であった。これらのことから、9 日 6～16 時までの積雪増加は主に降雪によるものと考えられるため、吹きだまりは 9 日 16 時以降に発生したものと仮定し、以下の分析を行った。

吹きだまり量 (kg/m) は、吹きだまり雪丘形状の断面積 (m³/m) に積雪密度 (kg/m³) を乗じ、図 5 に示す①切土道路全体、②風上の切土法面、③車線上の 3 つの範囲で算出した。

なお、全層の積雪密度 280 kg/m³ は計測時までに圧密が生じている。そこで積雪深計の毎時の積雪深差が負であった場合の合計値を圧密量とし補正し、吹きだまりの積雪密度は 130kg/m³ とした。

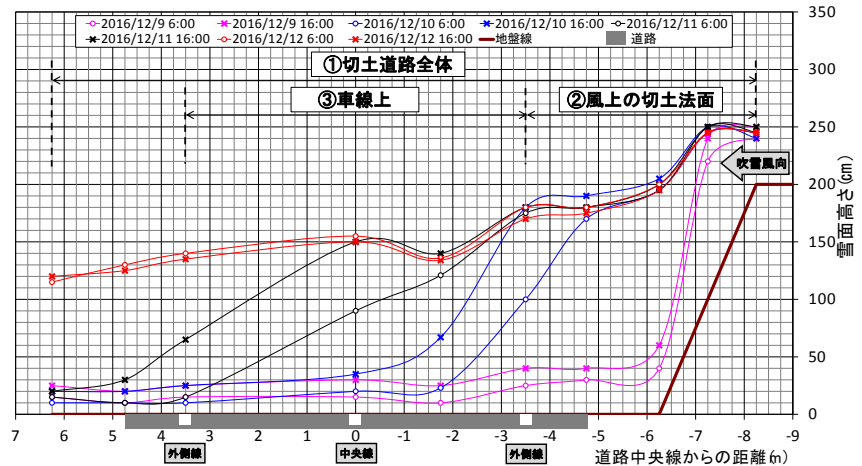


図 5 吹きだまり雪丘形状の変化

4. 分析結果と考察

図 6 は、推定累計吹雪量 (以下、累計吹雪量) と累計吹きだまり量 (以下、吹きだまり量) との関係を示したグラフである。また、切土道路全体の吹きだまり量の累計吹雪量に対する割合 (捕捉率) を併記した。

図 6 より、累計吹雪量が概ね 1,000kg/m までは切土道路

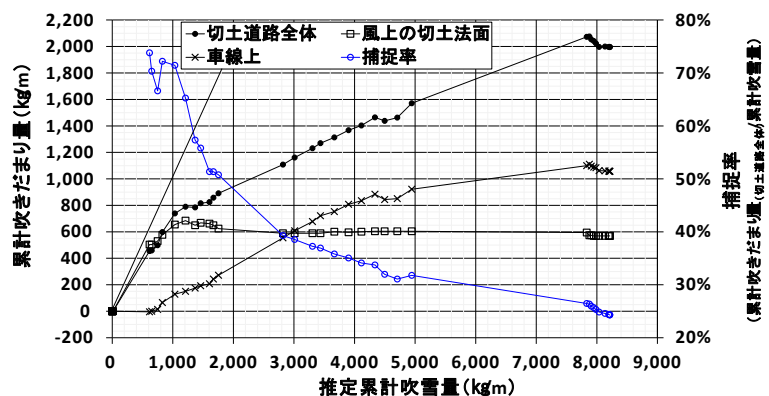


図 6 推定累計吹雪量と吹きだまり量

全体の吹きだまり量が概ね 700 kg/m まで大きく増加する傾向がみられ、捕捉率も概ね 70%以上と高い傾向が見られた。一方その後は、切土道路全体の吹きだまり量が推定吹雪量の 2 割程度の割合で増加し、捕捉率は 25%程度まで低下した。このように捕捉率は最初に大きく、切土道路への吹きだまりの増加とともに低下する傾向が見られた。

次に風上の切土法面の吹きだまり量に着目すると、累計吹雪量が概ね 1,200kg/m まで増加し、その後は増加が見られなかった。一方、道路の車線上への吹きだまり量に着目すると、累計吹雪量が概ね 600kg/m までは吹きだまりの発生が見られないが、それ以降は累計吹雪量が概ね 5,000kg/m に達するまで増加し続け概ね 900kg/m の吹きだまりが発生した。このように、吹雪粒子は最初に主として風上側の切土法面上で捕捉され、道路上への吹きだまりは切土法面に堆雪した量が一定量を超えた後に発達する傾向が見られた。このため、道路上に発生する吹きだまりの発生時刻やその量を予測する上では、累計吹雪量のみでなく吹雪前の風上側の切土法面上の堆雪状況を考慮する

ことが重要と考えられる。

また図 7 に、各箇所の吹きだまり深さを時系列で示した。図 8 に、各箇所の吹きだまり深さと累計吹雪量の関係を示した。

図 8(a) より、風上側の車線中心に相当する位置では累計吹雪量が概ね 600kg/m までは吹きだまりが見られなかった。

しかし、その 3 時間後の累計吹雪量が概ね 1,000kg/m に達した時点で吹きだまり深さが車両の発進困難とされる 15cm⁷⁾まで発達し(図 7(b), 図 8(b)), 13 時間後の累計吹雪量が概ね 2,200kg/m に達した時点には深さ 113 cm まで吹きだまりが急激に発達した(図 7(c), 図 8(c))。また、道路の中央線に相当する位置では、累計吹雪量が概ね 1,600kg/m に達した時点で吹きだまりが発生し始め(図 8(d)), その 22 時間後の累計吹雪量が概ね 4,400kg/m に達した時点には吹きだまり深さが 125 cm まで発達した(図 7(e), 図 8(e))。

なお、北海道石狩市で行われた高さ 2m の両切土での吹きだまり調査⁷⁾では、累計吹雪量 1500kg で道路の中央線付近に車両が走行困難となる 15cm の吹きだまりが発生することを明らかにしている。この既往研究⁷⁾と比較すると、本研究では吹きだまりの発達速度が若干遅い傾向が見られ、この要因の 1 つには切土構造の違いが考えられる。

5. まとめ

本研究では、高さ 2m の片切土道路に発生する吹きだまりの発達過程や推定累計吹雪量との関係について明らかとした。今後は、切土構造や気象状況の異なる条件下での道路上への吹きだまり発達過程に関する調査事例をさらに増やし、リアルタイムに切土道路に発生する吹きだまりの予測手法を検討していきたい。

【参考・引用文献】

- 1) 吾田洋一ら, 2010: えりも町での吹きだまり調査報告, 雪氷研究大会講演要旨集, 62
- 2) (公社) 日本道路協会, 2015: 道路構造令の解説と運用
- 3) 気象庁: 気象庁 HP (日々の天気図), <http://www.data.jma.go.jp/fcd/yoho/hibiten/>
- 4) 松澤勝ら, 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, 26, 45-48.
- 5) 竹内政夫ら, 1986: 降雪時の高い地吹雪の発生限界風速, 昭和 61 年年度日本雪氷学会全国大会予稿集, 256
- 6) 日本雪氷学会北海道支部, 1991: 雪氷調査法, 19
- 7) 金子学ら, 2013: 切土・盛土道路における吹きだまり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, 第 25 回ゆきみらい研究発表会論文集 2013(CDROM)

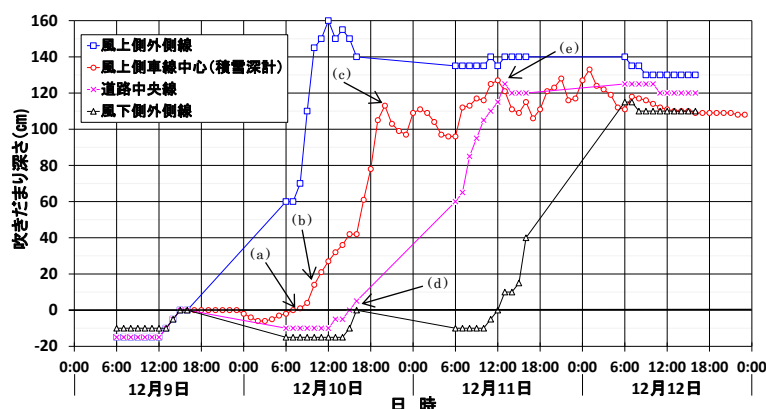


図 7 吹きだまり深さの発達過程

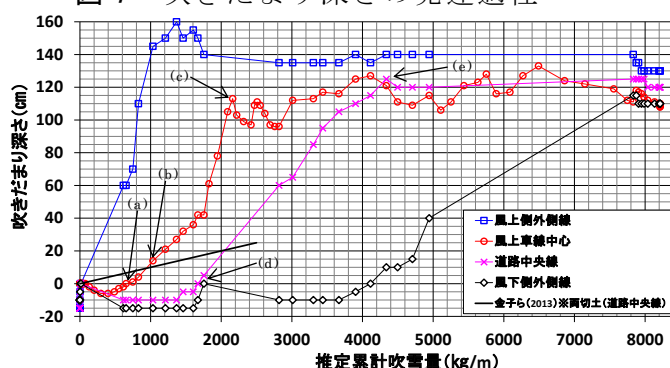


図 8 推定累計吹雪量と吹きだまり深さ