

7. 除雪トラック用投雪制御装置の開発

国土交通省 東北地方整備局 東北技術事務所 機械課長 新田 哲雄

機械課 整備係長 ○加藤 禎

1. はじめに

積雪寒冷地における冬期道路交通の確保は極めて重要である。積雪が通行車両により踏み固められ圧雪化する前の軽い雪を除雪機械で路外に排除する新雪除雪は、降雪の初期段階においては非常に効率的な除雪工法であり、機動性のある除雪トラックは新雪除雪の主力機械である。



写真1 除雪トラック作業状況



写真2 人家連担部の作業状況

しかしながら、除雪トラックのフロントプラウによる除雪作業時は投雪距離が大きいために、沿道の都市化が進んだ近年では、沿線家屋や歩行者に配慮して低速での作業を余儀なくされており、高速除雪という本来の機能を発揮することが困難な状況にある。また、作業速度が低下することにより、作業時間の増加と相まって交通渋滞等の要因ともなっている。

このような背景から、人家連担部におけるプラウ作業の作業速度の向上と除雪作業の更なる安全確保を目

的として、除雪トラックフロントプラウ用の投雪制御装置の開発を実施している。

本報告では、試作機の製作に至るまでの取組とフィールド性能試験について報告する。

2. 開発目標値の設定

除雪トラックによる除雪作業について実態調査を行った結果、東北地方整備局管内の除雪区間のうち約3割についてフロントプラウによる投雪が困難な箇所があり、殆どがフロントプラウを使用しないか、速度を低下させて作業を行っている実態が明らかになった。

こういった箇所での投雪を抑え、作業速度を低下させることなく、連続的な作業を可能とする装置を今回の開発目標としている。

ここで、開発目標値を設定するにあたり、プラウ左端から投雪の着地点までの距離を「飛雪距離」、その最大到達点までの距離を「投雪距離」、また、投雪の軌跡における最高到達点までの高さを「掻上げ高さ」とそれぞれ定義する。(図1)

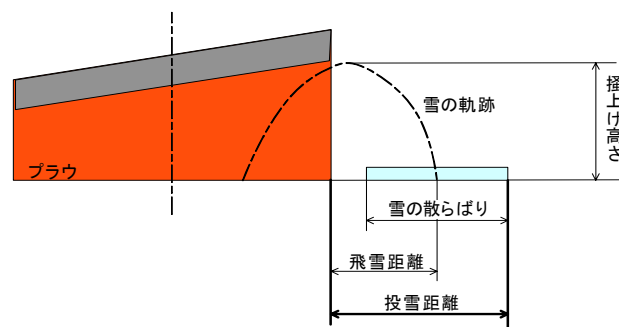


図1 用語の定義

除雪トラックによるプラウ作業の実態として、投雪が歩行者に接触したり家屋を破損する事例があることから、今回は投雪距離に着目し、道路構造令で規定されている都市部国道(4種1級)の歩道と路肩を合わせた幅員2.5mに対し、除雪トラックの標準的な作業速度である30km/h時に、歩行者空間を配慮して、投雪距離を2.0m以内に抑制することを目標値として設定した。

3. 開発構想

開発装置には、人家連担部などでは投雪距離を抑制し、郊外や山間部などの抑制の必要がない区間では抑

制効果の解除が可能で、なおかつ従来と同等の除雪能力が要求されている。

また、人家連担部では路線に間口が連続しているか点在しているか等、様々な現場条件が予想されるため、短時間で抑制の切換操作が必要となる。

以上を考慮し、投雪制御装置の開発構想を次のとおりとした。

- ①経済性や普及性の観点から、投雪制御装置は東北地方整備局管内に多く普及している従来型ワンウェイプラウに装備可能な構造とする。
- ②抑制解放時は、従来型ワンウェイプラウの除雪性能を低下させない構造とする。
- ③投雪制御方式は、投雪を直接衝突させて抑制する投雪抑制板（デフレクタ）方式を採用する。
- ④投雪制御は運転席から簡単な操作で即時に行える構造とする。



図2 開発装置イメージ

4. 投雪制御装置の実験

4. 1 模型実験

投雪距離の抑制に最適なデフレクタの形状と取付位置の検討を行うために、スケールダウンしたプラウ模型を用いて模型実験を実施している。

表1 実機と模型の縮尺関係

	単位	実機	模型	備考
プラウ幅	mm	3,680	736	
標準作業幅	mm	2,900	580	
作業速度	Km/h	30	13	フルード数を適用

今回の実験では模擬雪としてオガ屑を使用しており、ある程度含水させて新雪と同等の密度となるよう調整している。

<参考> 新雪の密度: 0.2g/cm^3

しまり雪の密度: $0.3\sim 0.4\text{g/cm}^3$

模型実験において抑制に効果的なデフレクタ面積と取付位置の検討を行った結果から、実機実験で用いるベース形状を決定した。（写真3右）



写真3 模型実験状況(左)とベース形状(右)

4. 2 実機用のデフレクタ形状

前項において提案されたデフレクタ形状を基に、更に面積を縮小させた6種類の形状（表2）について、除雪トラック実機を用いた実験を実施し抑制効果を確認した。実験に用いるデフレクタは、材質を鋼板製とし、フロントプラウ装置に着脱可能な構造とした。

表2 デフレクタ形状



4. 3 実機実験

実験に用いる雪は、積雪の状態からプラウで掻き出してウィンドロー状に成形し、幅は約 100cm、高さは

除雪負荷を概ね一定とするため、密度（ $0.37\text{g}/\text{cm}^3 \sim 0.46\text{g}/\text{cm}^3$ ）に応じて約15cm前後とした。

標準プラウに各デフレクタを設置し、実験コースの手前に加速区間を30m以上設け、作業区間を所定の速度（20km/h、25km/h、30km/h）で走行させて除雪作業を実施し、各項目を測定した。

計測項目と計測方法を表3に示す。

表3 計測項目と計測方法

計測項目	計測方法
密 度	密度計にて測定
走 行 速 度	ストップウォッチにより計測
投 雪 距 離	プラウ左端からの距離を巻き尺により測定
残 雪 高 さ	計測棒にて測定
投 雪 状 況	ビデオカメラ及びCCDカメラにて撮影
飛 雪 距 離	ビデオ画像より計測
掻上げ高さ	ビデオ画像より計測

4. 4 模型実験と実機実験の比較

模型実験と実機実験の比較画像として「デフレクタなし」と「中央張出型」での飛雪状況をそれぞれ写真4、5に、「中央張出型」での計測結果の比較を図3に示す。

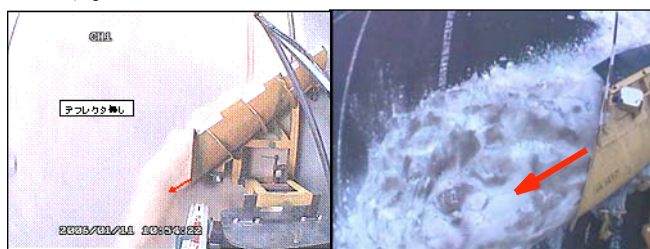


写真4 模型実験と実機実験の比較(デフレクタなし)

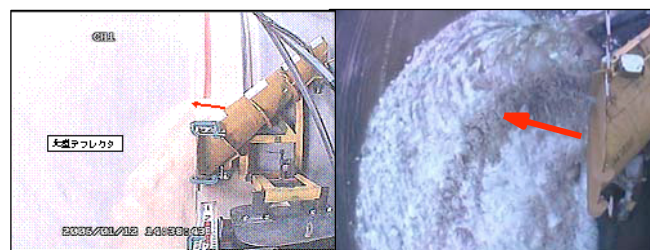


写真5 模型実験と実機実験の比較(中央張出型)

飛雪状況は雪の挙動（特に投雪の方向など）が模型と実機でよく似た傾向を示した。

投雪距離について、「デフレクタなし」の条件では、オガ屑と雪の摩擦係数及び粒状体間の結合力の違いから模型と実機において違いが確認されたが、「デフレ

クタあり」の条件では概ね再現性が確認された。

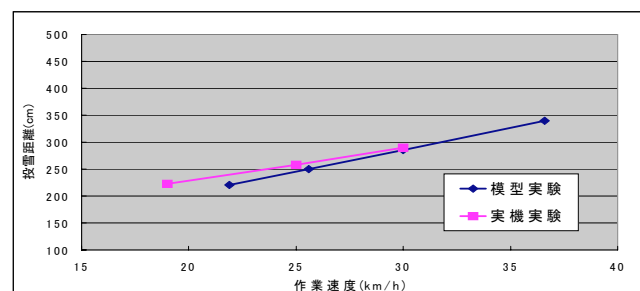


図3 模型実験と実機実験の比較(中央張出型)

4. 5 実機の実験結果

図4、5にデフレクタ形状毎の作業速度と投雪距離及び飛雪距離との関係を示す。計測値は10mごとに6地点で測定した値の平均値とした。

図6に投雪距離と飛雪距離との差（着地してからの投雪の移動距離）を示す。

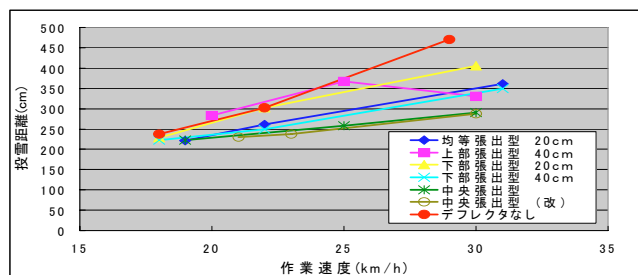


図4 作業速度と投雪距離の関係

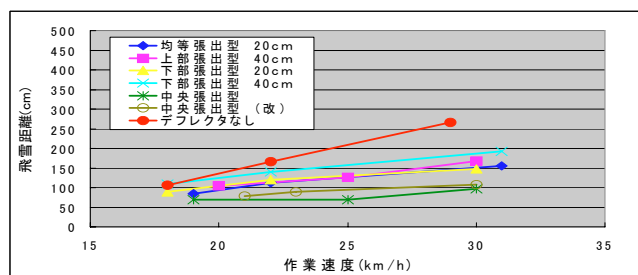


図5 作業速度と飛雪距離の関係

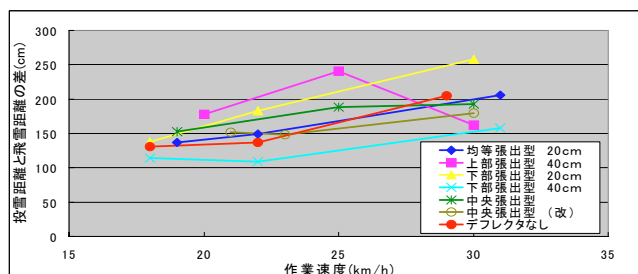


図6 投雪距離と飛雪距離の差(移動距離)

図6より「下部張出型40cm」の移動距離がどの速度においても短いことが確認できる。これは投雪を効率的に抑える形状であることを示している。また、投雪

距離（図4）や飛雪距離（図5）についても一定の抑制効果が確認されることから、寸法・効果及び構造的な見地から総合的に判断し、最適なデフレクタ形状として「下部張出型40cm」を採用した投雪制御装置の試作機の作製を行った。（写真6）



写真6 最適なデフレクタ形状(左)と試作機(右)

4. 6 試作機実験

実験時に用いる雪は、積雪の状態から平均積雪深6.3cm(5.8cm～6.8cm)、平均雪密度0.458g/cm³(0.352g/cm³～0.57g/cm³)、新雪除雪における除雪幅は290cmとした。

標準プラウに投雪制御装置の試作機を装備し、実機実験と同じ測定項目にデフレクタへ加わる圧力測定も追加して実験を実施した。

4. 7 試作機の実験結果

写真7、8に試作機におけるデフレクタ有無操作の投雪状況を示す。



(測定データ)投雪距離:292cm、飛雪距離:151cm

写真7 投雪状況(デフレクタなし、新雪除雪 30km/h)



(測定データ)投雪距離:283cm、飛雪距離:118cm

写真8 投雪状況(デフレクタあり、新雪除雪 30km/h)

- ①図7から開発目標値である投雪距離200cmにおいて、それぞれの作業速度は、標準プラウ（デフレクタなし）が22.2km/hに対し、デフレクタ（デ

フレクタあり）が23.8km/hとなり、デフレクタの抑制効果により作業速度が約7%向上したことを示している。

- ②図8から雪へ突入した直後に約1.9kNの最大荷重が発生しているが、それ以外では除雪作業中にデフレクタへ加わっている荷重は1kN以下であることが分かった。従って、設計荷重7kN、デフレクタ構造の安全率1.9、上部支点ピンの安全率1.7となっており強度的に十分である。

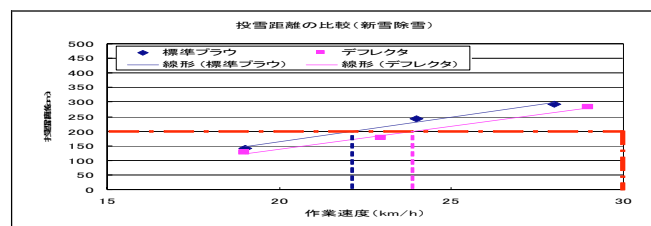
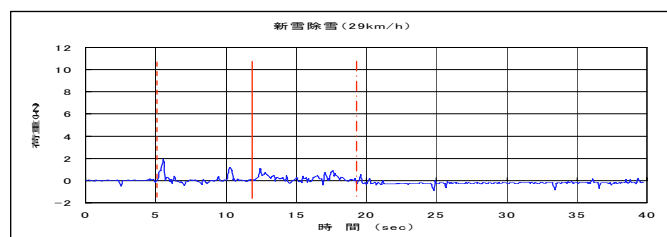


図7 投雪距離の比較(新雪除雪)



(凡例)点線:新雪突入、実線:計測区間開始、一点鎖線:計測区間終了

図8 デフレクタにかかる荷重(新雪除雪)

5. おわりに

これまで、投雪を効果的に抑制するデフレクタ形状について検討を行い、基本仕様の決定及び試作機の製作を行った。

現場では、堆雪が存在したり路面条件が実験とは大きく異なるが、特に市街地において除雪の効率化を図るうえで、投雪による沿線家屋や歩行者への安全確保、交通渋滞の軽減等の諸課題に対し、本装置導入により一定の効果が期待できるものと考えられる。

今後は、開発装置の導入を順次はかり、実作業現場における性能、耐久性等の適応性の確認を行いながら、より現場ニーズに適した仕様へと装置の完成度を高めていく必要があるものと考えている。

参考文献

- 1) 鹿野安彦・櫛引隆幸：除雪トラック用投雪制御装置の開発、日本雪工学会誌2007年4月Vol. 23No. 2