

新型除雪グレーダ導入による実証試験について

池 伸明*1

1. はじめに

冬期多雪地域における直轄国道では、これまで大型の除雪装置を装備した高出力の除雪グレーダである「高速圧雪整正機」（2人乗り4.3m：320ps級）が道路除雪の主力機となっていたが、近年の特定特殊自動車の排ガス規制の強化を機に、平成24年度を最後に製造・販売を中止した。その後、排ガス規制を満足させ、ISO転倒時保護構造（ROPS）規格に準じた1人乗りキャビンの「新型除雪グレーダ」が、平成27年度よりコマツ社製、平成28年度よりキャタピラー（以下「CAT」という）社製が市場に販売されている。

新型除雪グレーダは1人乗りであることから、2人乗り比べて助手が担っていた安全確認作業が困難となることや、車体・ブレード高さの小型化に伴い、除雪作業能力の低下が懸念された。このことから、新型除雪グレーダの現場適応性を確認するため、条件の異なる除雪工区で現地調査・検証を行った。また、新型除雪グレーダの導入に向けて今後の配備の考え方を検討したので併せて報告するものである。

2. 新型除雪グレーダの性能

新型除雪グレーダと、従来の高速圧雪整正機の性能を比較した項目を、表1にまとめる。

新型除雪グレーダは、乗車人数が1人乗りとなった他に、定格出力やブレード高さが小さくなっていること、オートマチック操作方式となっていること、ジョイスティック操作方式に変更になった機種があること等に大きな違いがある。

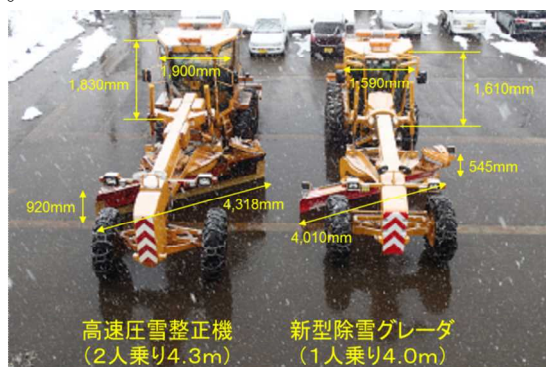


写真1 外観比較

表1 高速圧雪整正機と新型除雪グレーダの主な性能

	高速圧雪整正機	新型除雪グレーダ(コマツ社)	新型除雪グレーダ(CAT社)
乗車人数	2人	1人	1人
車両外寸 W×L×H	2,480mm×10,400mm×3,625mm	2,410mm×10,400mm×3,410mm	2,595mm×8,950mm×3,710mm
操作方式	マニュアル (MT)	オートマチック (AT)	オートマチック (AT)
	ハンドル・レバー操作方式	ハンドル・レバー操作方式	ジョイスティック操作方式
定格出力	235KW【100%】 (320PS)	163KW【69%】 (222PS)	189KW【80%】 (256PS)
運転質量	19,870kg (乗車定員2名含む)	18,485kg (乗車定員1名含む)	19,461kg (乗車定員1名含む)
ブレード寸法 (推進角60°時除雪幅員)	横4,318mm×高さ920mm (3,735mm)	横4,010mm×高さ545mm (3,448mm)	横4,300mm×高さ685mm (3,724mm)

※ブレード幅はオプションで選択可能

3. 検討委員会提言

高速圧雪整正機は、オペレータと助手の2名体制での除雪作業を行っており、除雪の出来ばえ及び安全確認は、助手の目視による確認要素が多かった。新型除雪グレーダでのオペレータ1人乗り体制でも、2人乗り体制と同等の安全性を維持するための対策検討が必要となったため、平成26年度に設置した学識者等で構成する「1人乗り除雪グレーダの安全性に関する検討委員会」から「1人乗り除雪グレーダの安全性確保対策（案）」の提言を受けた（表2参照）。この提言内容に基づき、除雪機械メーカーとの調整を行ったうえで、平成27年度より導入する新型除雪グレーダの仕様で反映させた。

表2 1人乗り除雪グレーダの安全性確保対策（案）

委員会からの提言事項

- ①作業中の視認性確保対策（エアコン、熱線入りミラー等）
- ②オペレーターの作業を補完するモニターカメラ等の追加
- ③助手の代替えとして随伴車両の必要性検討

4. 調査・検討内容

委員会の提言を基に、安全性確保対策の調査（視認性確認、着雪対策機能確認）、作業環境・運用方法の検討及び除雪作業能力について、現地調査とオペレータへのアンケート調査を、北海道開発局及び東北地方整備局の協力を得て、平成27・28年度併せて全15工区で実施した（表3参照）。

表3 調査工区

	現地調査		アンケート調査	
	平成27年度	平成28年度	平成27年度	平成28年度
北陸地方整備局	妙高工区 二居工区	湯沢工区 安田工区	妙高工区 二居工区	湯沢工区 安田工区 能生工区
北海道開発局	-	-	月寒工区	月寒工区 麻布工区 麻生工区
東北地方整備局	-	-	神岡工区 大曲工区 横手工区 山形工区	新庄西工区 秋田工区 大鐔工区
合計15工区51名				

表4 安全性確保対策

	安全性確保対策	設置数量・箇所
視認性確保機能	エアコン 取付	1式
	熱線入りミラー 取付 熱線入りガラス 取付	左右サイドミラー キャビン前面上ガラス キャビン側面前ガラス キャビン後面ガラス
作業補完機能	モニターカメラ 取付	後方モニター1台 左右合成モニター1台

(1) 安全性確保対策の有効性確認

新型除雪グレーダの1人乗り安全性確保対策として、写真2に示すモニターカメラ（視界確保機能）、及びエアコン・熱線入りミラー（曇り防止機能）等を取付けた(表4)。この対策を施したことによって、高速圧雪整正機の2名体制での安全確認と同等の視認性等が確保されるか検証した。



写真2 新型除雪グレーダの安全性確保対策 (モニターカメラ取付状況)

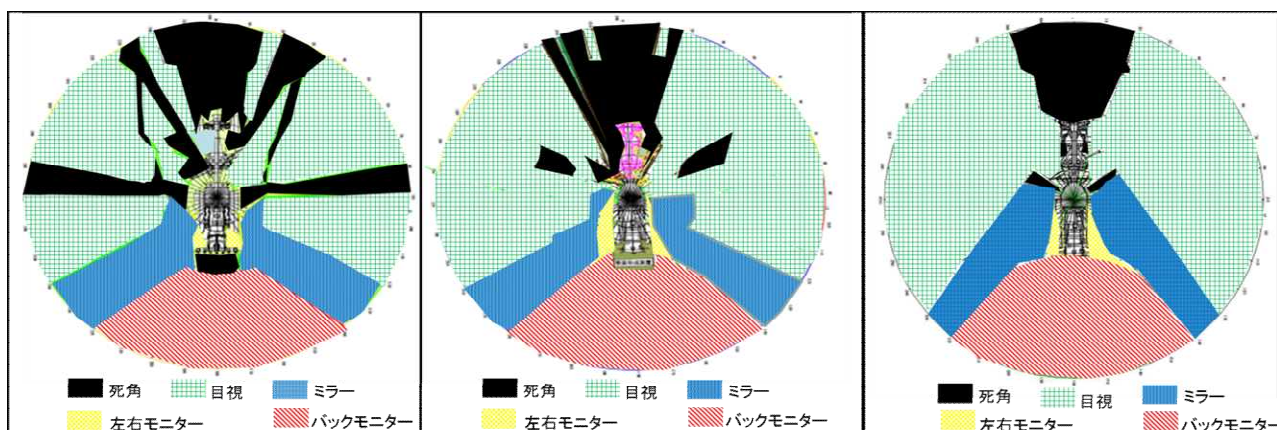
a) 視認性の確認

高速圧雪整正機と新型除雪グレーダとで、視認性の比較調査を実施した。調査方法は、視界測定図による視界比較と、オペレータへのアンケート・ヒアリング調査により視認性の確認を行った。

視界測定図は、「直接目視での視界」、「ミラーでの視界」、「モニターカメラでの視界」を重ね合わせて作成している。

視界測定図の比較によると全体的には新型グレーダの視界は、キャビンの小型化により床面積が減少したことで、高速圧雪整正機の視界より向上しており、アンケートの結果も多数は問題なく見えているという結果であった。しかし、前方視界についてはコマツ社製新型除雪グレーダはブレード押付圧表示装置が視界を遮るため、死角が増える結果となった。CAT社製新型除雪グレーダはフロントガラスの幅が狭くピラーによる前方死角や前輪に追加されたフェンダーによる前方死角、また左右側面は遠方を見る際に運行記録計等操作機器による死角が存在する結果となった。

後方視界は両者とも排出ガス対策によりエンジンルームが大きくなったため、目視は難しい状況であるが、モニターカメラを使用することで視界が確保できる。(図1参照)



高速圧雪整正機

新型除雪グレーダ (コマツ社)

新型除雪グレーダ (CAT社)

図1 視界測定図の比較 (※主な視界確認方法を着色)

b) 曇り防止機能・着雪対策機能の確認

新型除雪グレーダの視認性確保対策として、曇り防止を目的に取り付けたエアコン、熱線入りミラー等の機能と、モニターカメラへの着雪防止機能の確認を行った。調査は妙高工区、二居工区、安田工区、湯沢工区で行い、車内の曇り状況を車内に設置した3台のドライブレコーダで撮影・観測した。また、オペレータへのアンケート・ヒアリングによる確認を行った。

調査の結果、曇り防止機能は効果を発揮しており、キャビン内が曇るという事象は発生しなかった（写真3参照）。

オペレータへのアンケート・ヒアリング調査では、曇りが発生した工区もあったが、ほぼ問題ないレベルとの回答であった。またモニターカメラの着雪防止機能についても、わずかな着雪が発生した工区もあったが、ほぼ問題ないレベルとの回答であった。



写真3 キャビン内曇り状況（曇り発生なし）

(2) 作業環境運用方法検討の調査・検証内容

今後の新型除雪グレーダでの、除雪作業運用方法について、随伴車両の必要性の確認、作業環境（単独・複数台作業）毎に現地調査を行い検証した。

a) 随伴車両の必要性の確認

新型除雪グレーダで、1人乗りとなった時の安全確保として、随伴車両（作業補助者）での安全確認等補助作業の必要性と、梯団内での位置関係について調査した。

随伴車両の作業補助者からは、通信装置で後方車両状況（追い越し車両、後方の渋滞状況等）の連絡が主にされていた。新型除雪グレーダの運転手が、ブレードの操作に集中して、追い越し車両に気づくのが遅れてしまった場合には、補助作業者が通信連絡することで安全の確保にはつながると思われる。しかし、写真4のように随伴車両を付けた場合に、随伴車両と除雪グレーダの2台分をまとめて追い越す車両が増えるため、事故の危険性が増すという意見もあった。

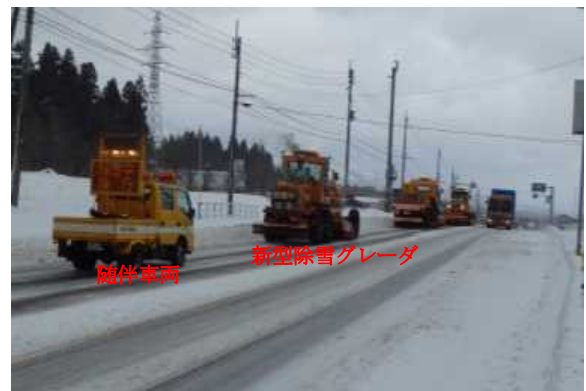


写真4 梯団における随伴車両

随伴車両の補助作業者と、新型除雪グレーダオペレータ間の通信に、「通信装置（インカム）」を装着して、通話・通信状態について確認を行った（写真5参照）。

今回使用したインカムのアンテナは指向性があるものを使用したが、見通しの良い直線部では約800m程度まではトンネル等の遮蔽物があっても通話ができただ、つづら折れ等の急カーブ・急勾配区間では200m程度まで通話距離が短くなる傾向にあった（表5参照）。



写真5 通信装置（インカム）

表5 通信・通話距離

	直線部	つづら折れ部
指向性アンテナ	800m	200m
無指向性アンテナ	400m	

オペレータからのヒアリングにおいて、「随伴車両が必ず必要」という意見はなく、今回の結論として「随伴車両は不要」とした。ただし梯団除雪車両どうしで、通信できたほうが良いという意見が多かったため、通信の改善策としてインカムのアンテナを、指向性アンテナから無指向性アンテナに変えることによりつづら折れ等でも対応が可能となるが、通信距離は400mと半分程度に落ちる結果となる。

除雪作業の実態において、信号等により梯団の各機械間は離れる場合が多く、400mの通信距離では不十分であり、改善を求める意見が多かった。

b) 単独及び梯団作業毎の運用方法の確認

新型除雪グレーダでの、単独及び梯団作業毎で除雪作業を実施し、オペレータへのアンケート・ヒアリング調査にて問題点等を調査した。

新型除雪グレーダは、高速圧雪整正機に比べてブレードが小さく、雪抱え込み量が少なくなるため、3台梯団作業の場合、先行車のウィンドローの影響をうけない先頭車両が望ましい結果となった。

単独作業では、路面積雪量が多くなった時に雪の抱え込み量が多くなることから、抱え込み量が不足する新型除雪グレーダでは複数回作業が必要、など作業に工夫が必要であるという意見もあったが、概ね作業に支障は無いとの結果であった。



写真6 新型除雪グレーダ梯団除雪作業状況

b) 除雪能力等の確認

高速圧雪整正機および、新型除雪グレーダの性能比較を表6に示す。新型除雪グレーダは、高速圧雪整正機に比べ、除雪能力が約10～25%減、圧雪除去能力が約25～40%減となっている。また、ブレード面積も約25～30%小さくなることから、雪の抱え込み量が減少するため複数回除雪を行わなければならないという意見もあった。降雪量の多い山間部及び、幅員が広い道路では、梯団除雪における機械配置を考える必要がある。

表6 除雪能力比較

	単位	高速圧雪整正機	新型除雪グレーダ (コマツ社)	新型除雪グレーダ (CAT社)
除雪能力 (実測値)	t/h	5,540	4,195	4,939
	割合	1	0.76	0.89
圧雪除去能力 (実測値)	t/h	1,960	1,173	1,431
	割合	1	0.60	0.73

※ コマツ社の新型除雪グレーダはブレード幅 4.0m の車両規格であるが、性能試験は長さ 4.3mブレードを付けて行っている
実測値は、JCMAS T 005(除雪グレーダ性能試験方法)

(3) 除雪作業能力調査・検証内容

高速圧雪整正機と新型除雪グレーダで、除雪速度、除雪能力等の比較の調査を行った。

a) 除雪速度の比較確認

新型除雪グレーダの除雪速度を、GPSデータと、時間データから平均除雪速度を算出し、高速圧雪整正機との比較を行った(図2)。データは二居工区、妙高工区、安田工区、湯沢工区の4工区で取得し、オペレータは熟練者と若手で運転した。データ上では、4工区とも速度差はあまりない結果となり、オペレータへのアンケート・ヒアリング調査でも、高速圧雪整正機に比べて、さほど速度差は感じないという意見が多数であった。

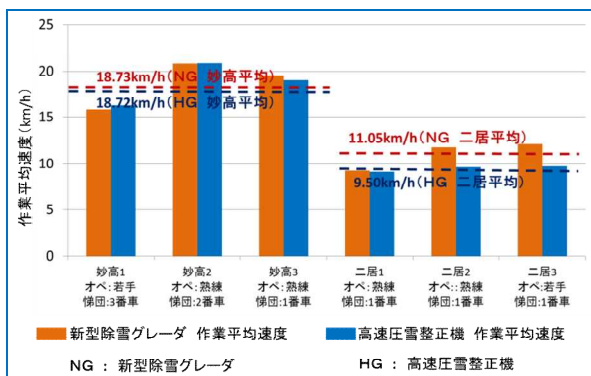


図2 除雪速度比較

(3) 調査・検証のまとめ

視認性については、直接目視にて前方を、ミラーにて左右後方を、モニターカメラにより後方の視界を確保可能であり、目視との感覚の違いはあるが概ね確保できている。

梯団除雪時の随伴車両は不要である。ただし、現場条件やオペレータの教育等を考慮して、必要に応じ配置する。また、通信装置も聞こえ方は良好で、使用する工区によって合致したアンテナ(指向性・無指向性)を選択することで通信状態も確保できる。

操作性については、オートマチックに変わったことにより変速操作が軽減されている。CAT社はジョイスティック操作方式のステアリングに変更になったが、慣れれば操作に支障はないとの結果となった。

雪抱え込み量や、圧雪除去能力等の減少は避けられない課題であるため、今後除雪機械を配置するにあたり留意を要する。

新型除雪グレーダの調査・検証のまとめを表7に示す。

表7 調査・検証のまとめ

①視認性	<ul style="list-style-type: none"> ・従来機より視界は良好。ミラーによる視界も良好。但し、後進時の後方目視が悪くなっている。 ・押付力表示装置、運行記録計等操作機器の位置は要検討。 ・ブレード左端の視認性の改善が必要。
②モニターカメラ	<ul style="list-style-type: none"> ・後方カメラは必要。 ・左右後方カメラは、左右ミラーで十分との意見が多く、現状では有用性は低い。上記ブレード左端を映して欲しいなどの意見もあり、撮影範囲等の見直し要検討。
③曇り防止機能カメラ着雪対策機能	<ul style="list-style-type: none"> ・曇り防止機能、着雪防止機能は有効に機能しており、窓ガラスの曇り、カメラへの着雪は発生しても問題ない程度。
④随伴車両	<ul style="list-style-type: none"> ・梯団時には、新型除雪グレーダが1人乗りになることに対する、随伴車両の追加は不要。 但し、工区によって交差点、登坂路、待避所などで後進作業があるので、場合に応じて誘導員が必要。
⑤通信装置	<ul style="list-style-type: none"> ・通話状況は良好で、タイムラグは無い。 ・直線区間では800m程度まで通信可能。 ・山間部・曲線部では200m程度で支障あり。 無指向性の通信機器を使用することで対応可能。
⑥操作性	<ul style="list-style-type: none"> ・オートマチックになり、変速操作が軽減される。 ・CAT社はジョイスティック操作方式に変更となったが、慣れれば操作に支障は無い。
⑦除雪状況	<ul style="list-style-type: none"> ・ブレードの雪の抱え込み量の不足から、ブレードからウィンドローがこぼれることを懸念する意見がある。 ・圧雪除去能力の不足が懸念される。 ・工区により、除雪能力不足、十分な能力との意見の違いがある。(山間部の工区が能力不足との意見が多い)

(新型) 除雪グレーダ」を選択できることとした。

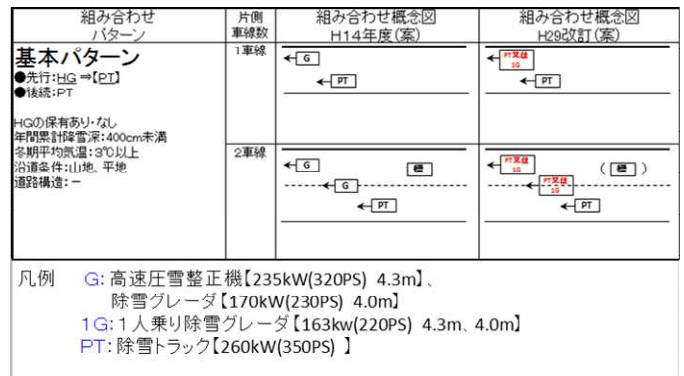


図3 除雪機械配置の考え方

6. 新型除雪グレーダの安全操作教育資料の作成

従来、若手オペレータの育成は、まず除雪機械の助手として従事させることで教育してきたところであるが、新型除雪グレーダが一人乗りとなりその機会が失われてしまった。

そのため、今回新型除雪グレーダの安全操作に関する留意点をまとめた教育資料を作成した。

まとめた留意点の章構成については以下の通りである。

- ①作業前ミーティング
- ②車両点検および乗車状況
- ③除雪車のはみだし
- ④一般車両のウィンドロー乗り上げ
- ⑤駐車車両への配慮
- ⑥一般車両への配慮
- ⑦後進時や方向転換
- ⑧交差点部
- ⑨構造物への対策
- ⑩梯団作業における留意点
- ⑪雪付着の除去作業
- ⑫チェーン・エッジ交換時の注意点

なお、動画資料も作成しており、北陸雪害対策技術センターホームページにて閲覧可能である。(写真7)

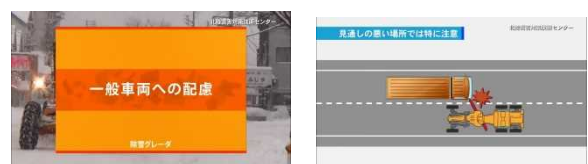


写真7 除雪グレーダ安全教育映像

5. 新型除雪グレーダ配備の考え方の整理

今後既存の高速圧雪整正機の老朽化に伴い1人乗りの新型除雪グレーダが導入されていくと予想されるが、作業能力の関係などから従来の配置を見直す必要がある。

北陸地方整備局では平成14年に策定した「除雪施工法・除雪機械配置の考え方(案)」において標準の除雪機械配置案を規定しているが、新型除雪グレーダの配置を踏まえ配置計画について見直しを行った。見直し案を図3に示す。見直しの基本的な考え方は、「高速圧雪整正機1台」を除雪能力の高い「除雪トラック1台」と入れ換えることを基本とし、狭隘トンネル部が多い工区など「除雪トラック」で対応が難しい工区では「1人乗り

7. おわりに

今回の調査で、新型除雪グレーダの作業安全性については、各種対策により導入機に反映することができた。また、除雪能力は、特別の大雪とならない限り、特に支障なく除雪できることが確認できた。しかしながら、昼夜の寒暖差により、圧雪路面の性状が変化しやすい北陸の気象状況下で、除雪を行うには、圧雪除去能力や雪抱え込み量が不足しており、能力不足のための対応は今後の課題である。

当面は、本調査結果を基に新型除雪グレーダの能力と現場条件を考慮して、除雪機械を配備していくものである。本論文が今後の新型除雪グレーダの配備・運用の一助となれば幸いである。

今回の調査にご協力いただいた、東北地方整備局、北海道開発局のご担当者各位及び除雪作業受注者各位に、紙面を借りて感謝申し上げます。