

# 新型除雪グレーダの作業安全性に関する検討

本間 政幸\*1、渡邊 俊彦\*1、長谷川 崇\*1

## 1. はじめに

道路除雪の主力機械である高速圧雪整正機（2人乗り4.3m級320ps、原型・除雪グレーダ）は、圧雪路面の整正を新雪除雪と同等の速度で作業できる機械として開発が進められ、平成元年に概ね完成型となった。しかし、第3次特定特殊自動車の排出ガス規制（平成23年10月1日適用開始、いわゆるオフロード法）の強化に対応するため平成24年度を最後に製造・販売が中止された。その後、排出ガス規制と、転倒時の運転室保護構造規格(ROPS)を取り入れた新型除雪グレーダ（1人乗り4.0m級220ps）（以下「新型除雪グレーダ」という。）の開発が進められ、平成27年度より市場に販売された。

新型除雪グレーダは1人乗りのため、高速圧雪整正機の助手が担っていた安全確認作業が困難となることや、エンジン出力の低下とブレード（除雪装置）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除雪適応性を確認することを目的に条件の異なる除雪工区で、現地調査・検証を行い今後の新型除雪グレーダの導入に向けて作業の安全性、梯団除雪時の配置の考え方を検討したものである。写真-1に新型除雪グレーダの除雪状況を示す。



写真-1 新型除雪グレーダの現地調査・検証状況（先頭車両）

## 2. 新型除雪グレーダの性能

高速圧雪整正機と新型除雪グレーダの仕様比較を表-1、写真-2に示す。新型除雪グレーダは、転倒時の運転室保護構造規格(ROPS: Roll Over Protective Structure)が取り入れられたため運転室がコンパクト化され乗車人数が1人乗りとなり、座姿勢でシートベルト着用による運転となる。また、オートマチック操作方式となっていること、排ガス規制による定格出力の低下や、ブレードの寸法が幅・高さとも小さくなったことが大きな違いとなっている（ブレード幅は3.7m、4.0m、4.3mの選択が可能）。

表-1 高速圧雪整正機と新型除雪グレーダの主な仕様

	高速圧雪整正機	新型除雪グレーダ(A社)
乗車人数	2人	1人
車両寸法 W×L×H	2,480mm×10,400mm×3,625mm	2,410mm×10,400mm×3,410mm
変速装置	マニュアル (MT)	オートマチック (AT)
定格出力	235kW (320ps)	163kW (221ps)
車両総重量	19,870kg (乗車定員2名含む)	18,485kg (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660mm (3,448mm)



写真-2 高速圧雪整正機と新型除雪グレーダ

## 3. 安全確保対策の提案と調査体制

### 3.1 1人乗り除雪グレーダの安全性に関する検討委員会

高速圧雪整正機による除雪作業はオペレータと助手の2名で行っており、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。これに対して新型除雪グレーダはオペレータ1人で機械の運転、除雪装置の操作、除雪の出来ばえ、安全確認、梯団との連絡を行わなければならないため、平成26年に学識者及び交通管理者、道路管理者、除雪施工者等で構成する「1人乗り除雪グレーダの安全性に関する検討委員会」を設立し、「1人乗り除雪グレーダの安全性確保対策（案）」として表-2の提言を受けた。

この提言に基づき、除雪機械メーカーと調整を行い、平成27年度より導入する新型除雪グレーダの仕様に反映させた。

表-2 1人乗り除雪グレーダの安全確保対策（案）

### 委員会での提言事項

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

\*1 国土交通省北陸地方整備局 北陸技術事務所

### 3.2 調査体制

委員会での提言事項と除雪作業能力低下の懸念から、新型除雪グレーダの除雪適応性を確認するため、複数の除雪工区で現地調査・検証を行うこととした。

調査は、委員会提言の仕様が反映され北陸地方整備局管内に平成27年度導入された新型除雪グレーダと、高速圧雪整正機を用いて、委員会の提言である安全性確保対策と、作業環境・運用方法、除雪作業能力について、2工区で現地調査を行うとともに、オペレータアンケート調査を同工区の10名に行った。また、平成27年度に新型除雪グレーダが納入された北海道開発局及び東北地方整備局の協力を得てオペレータアンケート調査を5工区9名に行った(表-3、図-1参照)。

表-3 調査協力地整及び工区名

	現地調査	アンケート協力人数
北陸地方整備局	妙高工区 二居工区	妙高工区6名 二居工区4名
東北地方整備局	-	神岡工区2名 大曲工区2名 横手工区2名 新庄工区1名
北海道開発局	-	月寒工区2名



図-1 調査工区の配置

### 4. 安全性確保対策の有効性確認

新型除雪グレーダには、委員会の提言を受けて1人乗りでの安全性確保対策として写真-3に示すモニターカメラ(視界性確保機能)のほか運転室エアコン、外部ミラー(後写鏡・補助確保装置)には熱線入りミラー(曇り防止・着雪防止機能)を新規に取付けた。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を行った。(写真-4参照)



写真-3 死角確認のためのモニター等の配置状況



写真-4 運転室内の状況

#### 4.1 視認性の確認(委員会提言①)

視認性は、視界測定図による視界比較と、オペレータアンケートにより確認を行った。視界測定図は座姿勢で「直接目視視界」、「ミラー(後写鏡・補助確保装置)視界」、「モニターカメラ視界」を重ね合わせて作成した(図-1参照)。

全体的には新型除雪グレーダの視界は、運転室がコンパクト化されたことにより高速圧雪整正機の視界より向上している。しかし、前方視界はハンドル装置上部にある「ブレード押付圧表示装置」が視界を遮るため死角が増えており取付位置変更等が必要である。車体左右側面の視界はワイパーモータ部の死角があるが、少し頭を動かすことで視界確保できることから問題がないと判断した。(写真-5参照)

オペレータアンケートでも、多数は問題なく見えているという結果であったが、前方視界は「ブレード押付圧表示装置」の取付位置が悪く、視界を遮るといった回答が多数あった。車体左右側面のワイパーモータの死角については、道路構造物等に接近して除雪する時に注意が必要であることがわかった。後方視界はモニターカメラでは見える範囲になるが、後進時は車両の距離感覚が目視でないと不安との意見があった。新型除雪グレーダは運転室内高が1,610mmと低く、オペレータが立ち上がれない構造となっている他、排出ガス対策により運転室後方のエンジンルームが大きくなったため、後方目視は難しい状況にある。(写真-4 右参照)

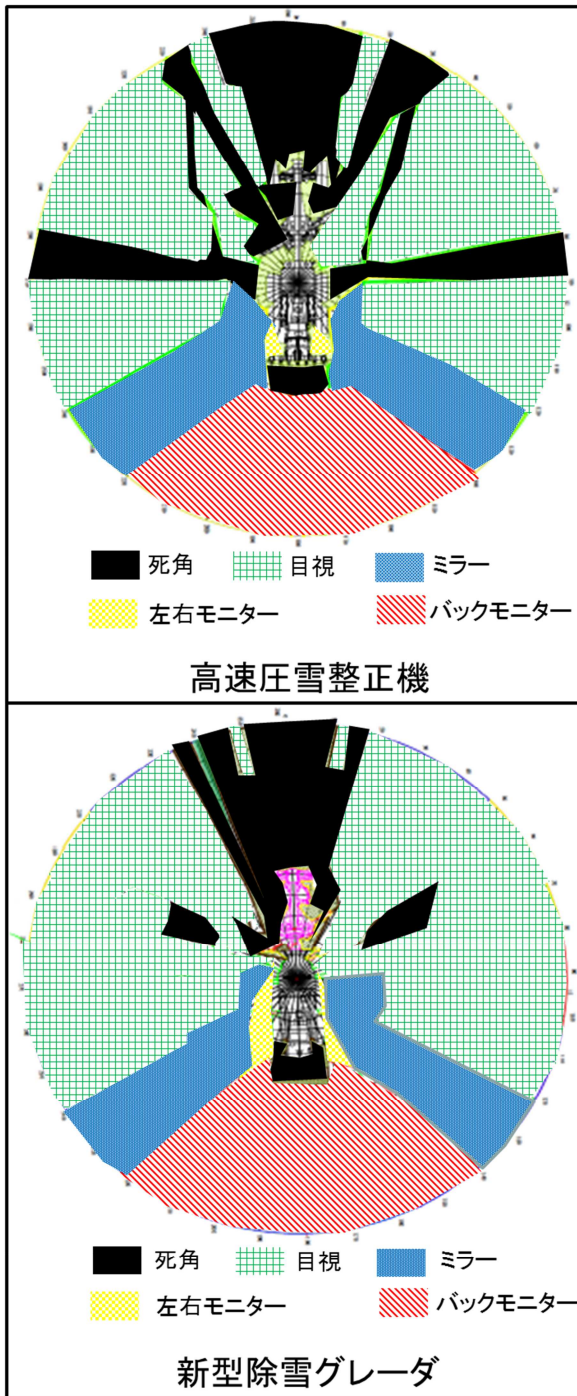


図-2 高速圧雪整正機と新型除雪グレーダの視界

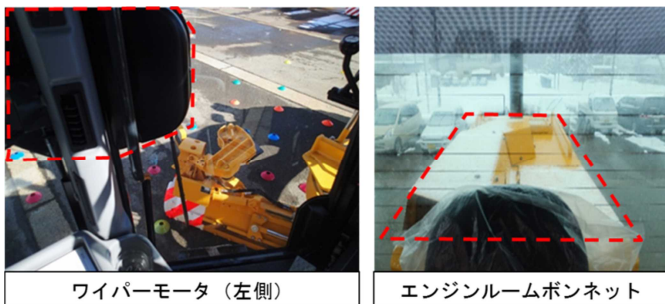


写真-5 新型除雪グレーダの視界障害内容

#### 4.2 曇り防止・着雪防止機能の確認 (委員会提言②)

運転室内の曇り防止機能の調査は、ガラスの曇り状況を室内に設置したドライブレコーダ3台で撮影・観測し、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、曇りが発生した事例もあったが、除雪作業にはほぼ問題ないレベルとの回答であった (写真-6 参照)。

着雪防止機能については熱線入り外部ミラーへの着雪はなく、モニターカメラについては着雪が発生した事例もあったが、ほぼ問題ないレベルとの回答であった。



写真-6 運転室内の結露状況 (新型除雪グレーダ)

#### 4.3 随伴車両の必要性確認 (委員会提言③)

調査は新型除雪グレーダの後方に随伴車両を配置し、オペレータと随伴車の作業補助者は通信装置で通話できる環境を整備した (写真-7 参照)。

随伴車両の作業補助者からは、追い越し車両、後方の渋滞状況等の連絡が主にされており、新型除雪グレーダのオペレータが、除雪装置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、山間部では随伴車両後方から随伴車両と除雪グレーダの2台をまとめて追い越し車両が増えるため、事故の危険性が増すという意見もあった。オペレータヒアリングにおいては「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」と判断した。

通信装置の性能については、見通しの良い直線部ではトンネル等の遮蔽物があっても約800m程度までは通話できたが、つづら折れ等の急カーブ・急勾配区間では約200m程度まで通話距離が短くなる傾向があった (写真-8 参照)。

オペレータヒアリングにおいては「随伴車両が絶対に必要」という意見はなく、梯団除雪を行う場合は梯団間で通信できたほうが良いという意見が多かった。このため、通信装置の改善策としてアンテナを指向性から無指向性に変えることにより、つづら折れ等でも通話ができるものとした。



写真-7 随伴車両の状況と通信装置の装着状況

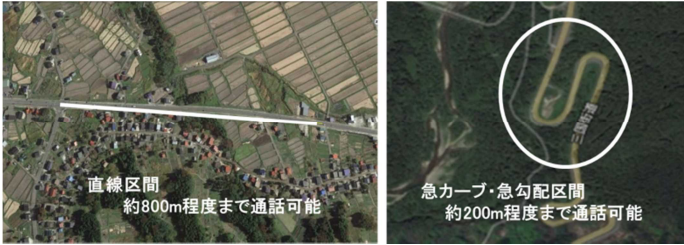


写真-8 道路地形と通信距離

## 5. 作業環境・運用方法運用方法・作業能力の確認

### 5.1 作業環境・運用方法運用方法の確認

新型除雪グレーダを単独及び梯団で組み合わせて除雪作業を実施し、オペレータから問題点等を調査した。

新型除雪グレーダは、高速圧雪整形機に比べてブレード面積が小さくなったため雪の抱え込み量が少なくなったことから、3台梯団の場合は先行車のウィンドローの影響を受けない先頭車両が望ましいという結果となった。なお、単独作業や梯団作業でも降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、作業効率が低下する結果となった（写真-9参照）。



写真-9 新型除雪グレーダの梯団除雪作業状況

### 5.2 除雪作業能力の確認

除雪作業能力は、高速圧雪整形機と新型除雪グレーダで除雪速度、除雪能力、圧雪除去能力等の確認を行った。

#### ①除雪速度

除雪速度はGPSデータと、時間データから平均除雪速度を算出し、高速圧雪整形機と新型除雪グレーダの比較を行った。調査は妙高工区と二居工区の2工区で実施し、オペレータは熟練者と若手で運転した。（図-2参照）

調査の結果、両工区とも熟練者と若手による速度差はわずかであるが、上り坂とカーブが多い二居工区では除雪速度差が見られる。オペレータアンケート・ヒアリング調査では高速圧雪整形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（平成27年度は少雪であったため次年度も引き続き調査・検証を行う予定である）。

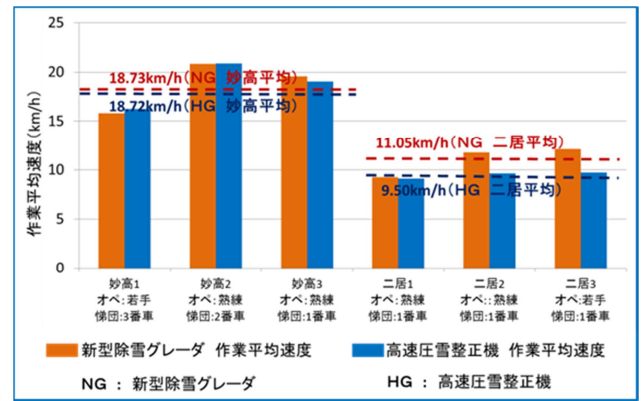


図-2 除雪速度の比較

#### ②除雪能力・圧雪除去能力等の確認

高速圧雪整形機、及び新型除雪グレーダ製作者から提供された性能比較を表-4に示す。（試験結果はJCMAS T-500(除雪グレーダ性能試験方法)による。新型除雪グレーダのブレードは4.3mを装着。

新型除雪グレーダは定格出力が31%低下したことから、時間当たりの除雪能力は24%減、圧雪除去能力は40%減となっている（図-4、5参照）。また、除雪装置面積も33%小さくなったことから雪の抱え込み量が減少し、ブレードからこぼれることが懸念されるため、降雪の多い山間部、及び幅員が広い道路では機械配置を考える必要がある（図-6参照）

表-4 除雪性能

項目		高速圧雪整形機 4.3m級	新型除雪グレーダ 4.0m級	高速圧雪整形機 に対する差異
性能	最高速度(前進)	km/h 45.0(7速)	48.5(8速)	3.5km/h早い
	最高速度(後進)	km/h 41.9(8速)	40.3(4速)	1.6km/h遅い
	最大除雪幅 (60度)	m 3.74	3.69	0.05m狭い
	定格出力	kW 235	163	72kW低い -31%
仕様値 寸法・重量	全長	mm 9,625	9,765	140mm短い
	全幅	mm 2,480	2,410	70mm狭い
	全高	mm 3,700	3,410	290mm低い
	室内高	mm 1,830	1,610mm	220mm低い
	運転質量	kg 19,870	18,485	1,385kg軽い -7%
	ブレード(4.3m)	ブレード幅	mm 4,318	4,265
ブレード高さ		mm 920	660	260mm低い -28%
ブレード厚さ		mm 19	19	同
ブレード面積 (幅×高さ)		m <sup>2</sup> 3.97	2.81	1.16m <sup>2</sup> 小さい -29%
実測値 性能	時間当たり 除雪能力	t/h 5,540	4,195	1,345t/h少ない -24%
	時間当たり 圧雪除去能力	t/h 1,960	1,173	787t/h少ない -40%
	仕様値 ブレード(4.0m)	ブレード幅	mm 4,318	4,010
ブレード高さ		mm 920	660	260mm低い -28%
ブレード面積 (幅×高さ)		m <sup>2</sup> 3.97	2.65	1.32m <sup>2</sup> 小さい -33%

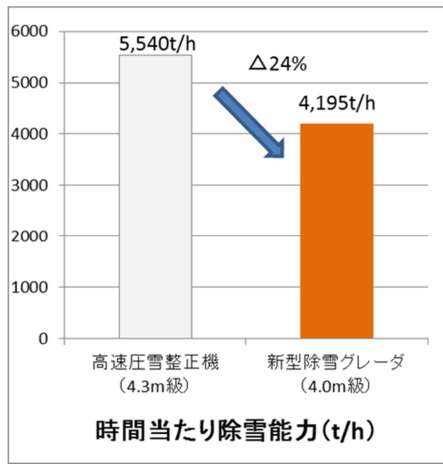


図-4 時間当たり除雪能力

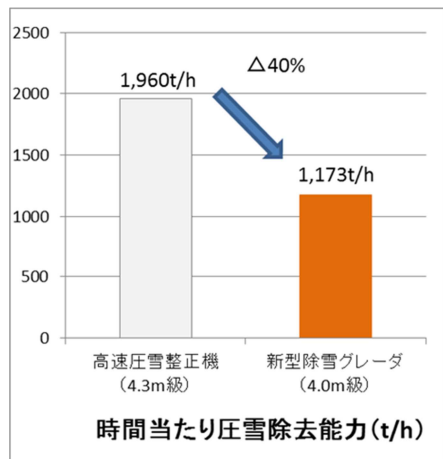


図-5 時間当たり圧雪除去能力



図-6 ブレードの寸法

## 6. 調査・検証結果のまとめ

新型除雪グレーダの調査・検証のまとめを表-6に示す。

視認性については、直接目視と、ミラー及びモニターカメラの補助確認装置により、目視との感覚の違いはあるが概ね確保できており、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配慮して必要に応じ配置することは妨げない。また、通信装置も聞こえ方は良好で、無指向性アンテナと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。除雪性能の低下による雪の抱え込み量や、圧雪除去能力等の減少は避けられない課題であるため、今後除雪機械の配置計画に留意を要する。

除雪能力については、除雪装置面積が小さくなったため抱え込める雪が少なくなりブレードからウインドローがこぼれる懸念が指摘されている他、定格出力の低下による評価は今後も確認する必要がある。

表-5 調査・検証結果のまとめ

①視認性	<ul style="list-style-type: none"> <li>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。</li> <li>押付力表示装置の位置は要検討。</li> <li>ブレード左端の視認性の改善が必要。</li> </ul>
②モニターカメラ	<ul style="list-style-type: none"> <li>後方カメラは必要。</li> <li>左右後方カメラは、現状では有用性は低い。撮影範囲等の見直し要検討。</li> </ul>
③曇り防止機能 カメラ着雪 対策機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>窓ガラスの曇り、カメラへの着雪はわずかであり、また発生しても問題ない程度。</li> </ul>
④随伴車両	<ul style="list-style-type: none"> <li>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、山間部での随伴車両の追加は不要。</li> <li>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。</li> </ul>
⑤通信装置	<ul style="list-style-type: none"> <li>通話状況は良好で、タイムラグは無い。</li> <li>直線区間では800m程度まで通信可能。</li> <li>山間部・曲線部では200m程度で支障あり(車体の向き、高低差の影響)。</li> </ul>
⑥操作性	<ul style="list-style-type: none"> <li>オートマチックになり、変速操作が軽減される。</li> </ul>
⑦除雪能力	<ul style="list-style-type: none"> <li>ブレードの雪の抱え込み量の不足から、ブレードからウインドローがこぼれることを懸念する意見がある。</li> <li>圧雪除去能力の不足が懸念される。</li> <li>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(平成27年度は少雪であったため再度確認が必要)。</li> </ul>

## 7. 調査結果からの改良事項

オペレータの意見等の調査結果から、新型グレーダで除雪作業を行うにあたり改良すべき事項を聞き出し、製作メーカーと以下の内容について改良を調整している。

### 7.1 【視界改善】運転室内熱線ガラスの操作性改良

課題：熱線ガラスの作動は、熱によるワイパーゴムの張付き防止のため15分で切れる。再作動を怠ると曇りが発生する(高速圧雪整正機は再作動タイマーなし)。作動状況を示すパイロットランプは昼間外部からの光がまぶしくて判別しにくい。

改良：熱線ガラスの作動停止タイマーは残し、熱線操作ボタンを手元に、パイロットランプは見やすい位置に移動する。  
写真-10に現在のパイロットランプ取付位置を示す。



写真-10 運転室熱線ガラスの作動確認位置

## 7.2 【視界改善】ブレード押付力表示装置の位置変更

課題：ブレード押付力表示装置が、高速圧雪整正機の取り付けに比べて、縦型となり前方視界の大きな妨げとなっている。

改良：前方視界、及び除雪装置確認の妨げとならないように、ブレード押付力表示装置をステアリングコンソール左に移設する（写真-11参照）。



写真-11 ブレード押し付け力表示装置の位置変更

## 7.3 【通信改善】通信装置の仕様変更

課題：除雪能力の低下から新型除雪グレーダが先頭車両となることを想定して、指向性のアンテナを選定し後方に向けた設置となっている。そのため、子機の位置が平坦路で後方となる以外は聞こえ難くなる。

改良：山間部や、ヘアピンカーブなど道路線形・高低差がある所、梯団内の作業位置が変わっても通信が行えるように、無指向性アンテナに変更する（写真-12参照）。



写真-12 通信装置のアンテナ変更

## 7.4 【安全性改善】ブレードマーカースの位置変更

課題：ブレードマーカースは、ブレードを前傾にした状態で後方に見える角度になっているため、ブレードを立てるとブレードマーカースが見えにくくなる。また、左側のブレードマーカースは、ブレード左端より飛び出しているためトンネル内壁などに接触し壊れ易くなっている。

改良：ブレードマーカースの位置を再度調整した（写真-13参照）。



写真-13 ブレードマーカースの取付位置変更

## 8. おわりに

今回の調査で、新型除雪グレーダ（1人乗り）の作業安全性については、各種対策により確保できることが確認された。また、除雪速度は特別の大雪とならない限り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や、降雪量が多い地域で除雪を行うには、除雪能力や雪の抱え込み量の不足は否めないものがある。

今後は、新型除雪グレーダの除雪能力と、現場条件を考慮して除雪機械配備の考え方を整理・検討して行くものである。今回の調査にご協力いただいた東北地方整備局と北海道開発局の担当者、及び除雪試験・ヒアリングに関わった除雪作業請負者各位に紙面を借りて感謝申し上げます。