

平成28年度

新型1人乗り除雪グレーダの導入について

札幌開発建設部 札幌道路事務所 ○石道 国弘
 札幌開発建設部 施設整備課 林 朋幸
 札幌開発建設部 施設整備課 五十嵐 匡

除雪グレーダによる冬期路面管理作業は運転手・助手で作業してきたが、昨今の排ガス規制強化に伴うメーカー製作方針の大幅な変更により、助手が搭乗できない1人乗りとなり、ベース車両も除雪幅によらず単一となった。そのため、当局においては助手が担っていた安全対策の代替措置を確保した上で平成27年度より新型1人乗り除雪グレーダ（以下、ワンマン除雪グレーダ）を導入している。本件では、従来機種と比べて1人乗り除雪グレーダの使用状況や課題等を報告する。

キーワード：除雪機械、除雪工法、ワンマン化、安全対策

1. ワンマングレーダの導入経緯と背景について

(1) 従来機種の製造・販売中止

北海道開発局における除雪グレーダによる除雪は、昭和20年（1945年）に土工用グレーダのフロントにV型のプラウを取り付けて実施したのが最初とされている。当時の土工用グレーダにはキャビンが無く、座席はベンチ型のフラットシートが設置されていた。この頃から、故障対応やブレードなどの部品交換作業の補助のために助手が乗っていたと推測される。その後、除雪グレーダにはキャビンが装備されるが、座席はベンチ型のままであった。昭和40年頃から座席がベンチ型からシート型に変更されていったが、依然除雪作業では2名で乗車であったことから、運転席に加えて助手席も装備されたようである。近年は除雪グレーダの性能も向上してきたことから、故障や部品の交換頻度も少なくなってきたこと、自動車台数の増加に伴う一般交通量の変化により、助手の役割も部品交換のような作業補助から、安全確認重視にシフトしていった。

国内の除雪グレーダ製造・販売会社は、昭和31年に「積雪寒冷特別地域における道路交通の確保に関する特別措置法」が制定されたことを機に除雪作業の機械化が促進される中、旧建設機械工作所や技術事務所と国内製造会社による除雪作業に特化した機種や装置などの共同開発が進み、除雪グレーダは大型化、高速化などの土工用とは異なる独自の進化を遂げてきた。

排出ガス規制「公道を走行する大型特殊自動車及び小型特殊自動車の排出ガス規制（ディーゼル車）強化」や公共事業予算縮小に伴う除雪グレーダ購入台数の減少、国内製造会社のグローバル化に伴う国内販売比率の減少も相まって、平成25年（2013年）3月末に全ての国内向け除雪グレーダの新車製造・販売事業を中止した。

除雪グレーダ販売中止の動きを受けて、国土交通本省において販売再開にむけ国内製造会社と交渉等を実施してきたが、新しい排ガス規制（2014年規制）に向けた開発においては、グレーダ機種の世界的な標準化を実施せざるを得ないことから、日本独自の除雪専用機種の開発は不可能との方針が平成25年6月に製造会社より示された。除雪グレーダによる除雪作業は国土交通省における冬期路面管理に必須であり、このまま販売停止の状況が続くことによる悪影響も考慮し、ワンマン除雪グレーダによる除雪作業を受け入れることとした。

(2) 製造・販売再開

コマツ建機販売(株)は、平成27年（2015年）6月に排出ガス規制対応の除雪グレーダ（1機種のみ）の国内販売を再開した。

日本キャタピラー（キャタピラーウェスト&イーストジャパン含む）も、平成28年（2016年）3月に排出ガス規制対応の除雪グレーダ（1機種のみ）の国内販売を再開した。

以上の経緯から、今後納入される除雪グレーダは全てワンマンタイプで土工用と共通の仕様の機械となった。従来助手が実施してきた、作業の安全確認部分を補完する装備が追加されているが、北海道開発局において、ワンマン除雪グレーダによる除雪作業は経験がなく、安全性だけでなく作業性についても従来機種との検証・検討を行う必要があった。

2. ワンマン除雪グレーダ購入仕様について

北海道開発局では、平成27年度から北海道開発局建設機械購入仕様書（北開仕）に基づき、平成27年度、

28 年度に計 3 台のワンマン除雪グレーダを購入している。以下に、平成 27 年度納入のコマツ建機販売(株)製（以下、コマツ製）GD675-6（写真-1）、平成 28 年度納入のキャタピラー・ジャパン製（以下、CAT 製）12M3（写真-2）の外観写真を示す。



写真-1 コマツ製 (GD675-6) H27 納入



写真-2 CAT 製 (12M3) H28 納入

(1) 視界

次にワンマン除雪グレーダの運転席から見た前方及び作業装置の視界を従来型除雪グレーダと比較したものである（従来型 コマツ製 写真-3、ワンマン型 コマツ製 写真-4、ワンマン型 CAT 製 写真-5）。ワンマン除雪グレーダは、従来型と比べて操作部も少なく、特に足下の視界が改善されている。ワンマン型の両者はキャビン形状が若干異なるものの作業視界としては差異がない（同等）と言える。



写真-3 全景 (従来型 コマツ製)

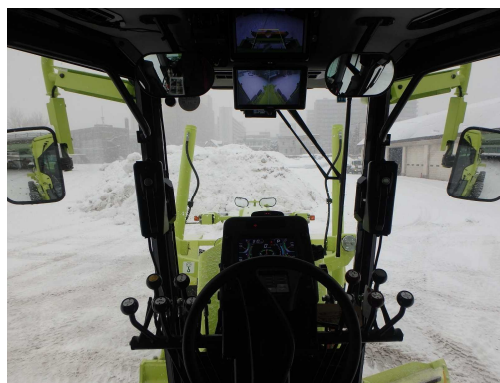


写真-4 全景 (ワンマン型 コマツ製)



写真-5 全景 (ワンマン型 CAT 製)

(2) 操作・駆動方式

当事務所保有のワンマン除雪グレーダの操作・駆動方式は、コマツ製が「ハンドルレバー式、後輪駆動 (RR)」であり、CAT製が「ジョイスティックレバーコントロール式、総輪駆動 (AWD)」で異なる方式である。コマツ製は、従来型と大きな変更ないが、レバー配置が世界的な標準化により、ほぼ左右反対の配置となった（写真-6）。



写真-6 操作方式 (コマツ製)

コマツ製車両のオペレータへの聞き取りでは、従来機種と比べても特段遜色なく操作することができ、特にオートマチックミッションになったことより、除雪作業時のシフトチェンジ動作が軽減され、操作が簡易且つオペレータの負担軽減に繋がったと言える。

また、CAT製は、従来型の除雪グレーダにはない全く新しいジョイスティック式を採用している（写真-7）。



写真-7 操作方式 (CAT製)

CAT製車両のオペレータへの聞き取りでは、従来機種と比べて操作方法が全く違うため、慣れなければ操作はしづらい傾向であるものの、複合的な操作は楽であり、従来の操作では作業装置の微調整を頻繁に行っていたが、フローティング（浮き装置）を使用することで作業装置の微調整が軽減され、オペレータの負担軽減に繋がったと言える。しかし、シャッターブレードの操作スイッチ（写真-8）がジョイスティックに付いていないことより、操作が煩雑になる傾向がみられる。このことは今後、検討・改良の必要がある。



写真-8 シャッターブレード操作スイッチ (CAT製)

(3) 安全対策

ワンマン除雪グレーダになったことより、オペレータの作業を補完するために、安全対策のうち助手が担っていた部分の代替措置として、カメラを3台（後方、左側後方、右側後方）、カラーモニター2台（後方用、左側+右側後方用）を設置した（平成27年度仕様：写真-9）。また、安全確認・作業状況確認・連絡等を同一梯団の除雪車や伴走車間で行うための通信装置を以下の目的にて設置している。

(a) カメラ

カメラは、後方用（標準装備）の他に左後方用、右後方用を加え、モニターを1台追加し、左右後方用として分割画面にて使用し、従来同乗していた助手の車体後方の周囲部分の確認が容易となった（平成28年度仕様：写真-10）。

平成27年度仕様の除雪グレーダのオペレータに聞き

取りでは、カメラについては、従来は立ち上がって後方を直接目視していたが、後進での視界確保に非常に有効である、という回答があった反面、カメラによる映像は距離感が把握しづらい事や、夜間には照度の関係上、エンジンフードしか見えないなどの理由で使用しなかったケースもある、との回答もあった。また、1つのモニターで後方2画面表示は除雪作業上、非常に見づらくストレスになる、との回答もあった。

このため、カメラの設置箇所の移設や画角の変更などを除雪工事受注者と協議・検討を実施し、平成28年度仕様の除雪グレーダは、1カメラ1モニターのセットに仕様変更を行った。結果として、平成28年度仕様の除雪グレーダのオペレータへの聞き取りでは、視界良好であり特に問題はない、という回答があった反面、距離感の把握は改善されていない、との回答があった。



写真-9 後方モニター (コマツ製仕様)



写真-10 後方モニター (CAT製仕様)

(b) 通信装置

通信装置は、ハンズフリー方式で双方向同時（2局以上）に通信が可能である。これにより、除雪梯団内や伴走車と安全確認等の通信が可能となった。

平成27年度仕様の除雪グレーダのオペレータへの聞き取りでは、通信装置は300m程度であれば通信可能で、主にワンマン除雪グレーダと伴走車間で使用したが、

- 片耳が塞がるため周囲確認に違和感を感じた。
- 装置が防寒着の上に着るベストのため動きづらい。
- 首回りにケーブルがあり首振りが行いづらい。
- 独り言でも勝手に通信装置が作動してしまう。
- 周囲状況の通知は伴走車からの一方的な通知である

ため双方向同時通信は必要ない。
等々の理由で日頃より慣れ親しんでいる業持無線機（信無線）を使用した、との回答もあった。

このため、平成 28 年度仕様の除雪グレーダは、ベストを廃止する仕様変更を行った。平成 28 年度仕様の除雪グレーダのオペレータへの聞き取りでは、慣れないヘッドセットは頭に食い込み 1 時間ほどで頭が痛くなるとの回答もあり、新たな課題も見つかった。

(4) 諸元・性能比較

除雪グレーダの従来型とワンマン型との諸元・性能の比較を以下に示す（表-1）。

表-1 従来型・ワンマン型比較表

規格		3.7m級		4.0m級		4.3m級（高速圧雪整正機）		新型車	
メーカー名		コマツ製		三菱製		コマツ製		C A T 製	
型式		GD655-3E0/3Y0	MG430 III	GD755-5Y	MG500-G III	GH320-5	SR320 III	GD675-6	12M3 AWD
製造・販売		2013年3月末をもって販売中止						2015年6月から販売開始	2016年3月から販売開始
乗車定員	(人)	2	2	2	2	2	2	1	1
車輛総質量	(kg)	15,960	15,330	19,540	19,790	19,960	19,790	17,845	18,550
エンジン定格出力	(PS)	193	175	320	258	320	340	221	183-221
	(kW)	142	129	235	190	235	250	163	141-188
全長	(m)	8.94	9.08	9.58	9.33	9.66	9.44	9.51	8.91
全幅	(m)	2.46	2.44	248.00	2.48	2.48	2.48	2.41	2.59
全高（黄色回転灯上端まで）	(m)	3.59	3.52	3.70	3.55	3.70	3.60	3.18	3.31
ブレード長さ	(m)	3.7	3.7	4.0	4.0	4.3	43.0	3.7	3.7-4.3
ブレード高さ	(m)	0.55	0.53	0.62	0.71	0.92	0.92	0.65	0.61-0.68
切削能力（ブレード線圧）	(kN/m)	22	20	30	26	28	26	24	26
最大牽引力（ $\mu=0.4$ ）	(kN)	89	41	105	53	106	53	101	77.7 (6WD)
最高速度	(km・h)	42	46	45	48	45	48	44	47
最小回転半径	(m)	7.1	7.1	7.5	7.6	11.0	7.5	7.4	7.3
安全装置		・スリップク ラッチ式ブ レード安全装 置	・スリップク ラッチ式ブ レード安全装 置	・スリップク ラッチ式ブ レード安全装 置	・スリップク ラッチ式ブ レード安全装 置	・スリップク ラッチ式ブ レード安全装 置	・スリップク ラッチ式ブ レード安全装 置	・スリップク ラッチ式ブ レード安全装 置 ・通信装置 ・カメラ ・モニタ	・スリップク ラッチ式ブ レード安全装 置 ・通信装置 ・カメラ ・モニタ
ブレード自動制御装置		装着不可	装着可能	装着可能	装着可能	装着可能	装着可能	装着不可	装着不可

道路除雪オペレータの手引き（日本建設機械施工協会）より抜粋

3. 配置工区及び使用概要について

(1) 配置工区～その 1

北海道開発局では、平成 27 年度にワンマン除雪グレーダ（4.3m 級）を 1 台導入した。配置工区は、札幌道路事務所月寒工区で国道 36 号の計約 14km を施工している。工区内には繁華街であるススキノ交差点や 8 車線区間があり、札幌市内中心部が含まれているため、夜間施工のみの工区である。

本工区の一次除雪は「除雪グレーダ 3 台と除雪ドーザ 1 台」の梯団編成で、施工の特徴として、夜間であっても比較的交通量が多いため、1 番車と 2 番車の間隔を 500m 程度とし一般車の追越に配慮している。また、2 番車グレーダと 3 番車グレーダは、バスベイや左折専用レーンなどの特殊区間において前後進を繰り返し施工している。

(2) 使用概要～その 1

ワンマン除雪グレーダは、北海道開発局として初年度であり、安全施工の理由から梯団の 2 番車のみ担当したが、問題となるような機械性能・仕様はなかった。

(3) 配置工区～その 2

北海道開発局では、平成 28 年度にワンマン除雪グレーダ（3.7m 級と 4.0m 級）を各 1 台（計 2 台）導入した。配置工区は、札幌道路事務所麻布工区で国道 231 号、337 号の計約 26km を施工している。工区内には千歳市から小樽市を結ぶ、都市部の渋滞緩和と物流拠点へのアクセス向上目的とした道央圏連絡道路や 6 車線区間があり、札幌市北区の中心部が含まれているため、夜間施工のみ（降雪状況により一部の区間は昼間施工を含む）の工区である。

本工区の一次除雪の基本パターンは 2 つあり、「除雪

トラック4台と除雪グレーダ3台と除雪ドーザ2台」の梯団編成と、「除雪トラック3台と除雪グレーダ1台と除雪ドーザ1台」の梯団編成の各チーム構成に属しており、施工の特徴として、夜間で比較的交通量が多いため、1番車と2番車の間隔を300m程度とし一般車の追越に配慮している。また、工区内には、バスベイや立体交差道路（ON・OFFランプを含む）など特殊区間の施工も含まれている。

(4) 使用概要～その2

ワンマン除雪グレーダは、北海道開発局として2年目であり、他工区での梯団の2番車を担当し、今後さらなる展開（1番車や3番車）を検討し、機械性能・仕様について検証中である。



図-1 配置工区 (管内図)

4. 従来型との作業能力比較について

札幌道路事務所として、従来型（既存車）とワンマン型（新車）の作業能力をワンマン除雪グレーダのオペレータに、作業に関する操作フィーリングを聞き取りした結果を以下の比較表にまとめた（表-2）。

除雪グレーダ3台梯団での除雪作業における従来型編成（平成26年度施工）とワンマン型1台含む編成（平成27年度施工）を、同じ工区・同時期・同量な降雪量にて比較した1日の作業軌跡を示したものである（表-3、図-2）。

表-2 作業・操作性フィーリング比較

	従来型	ワンマン型	備考
除雪速度	15~25km/h	15~20km/h	
変速機	7速	6~7速	新雪時
	6~7速	4~5速	路面整正時
推進角	70°	60~70°	

表-3 比較対象データ

	従来型:H26	ワンマン型:H27	備考
施工工区	R36	R36	
時期	H27.1.21	H28.1.20	
降雪量	27cm/日	24cm/日	雪質差違有
作業時間	約6時間	約5時間半	

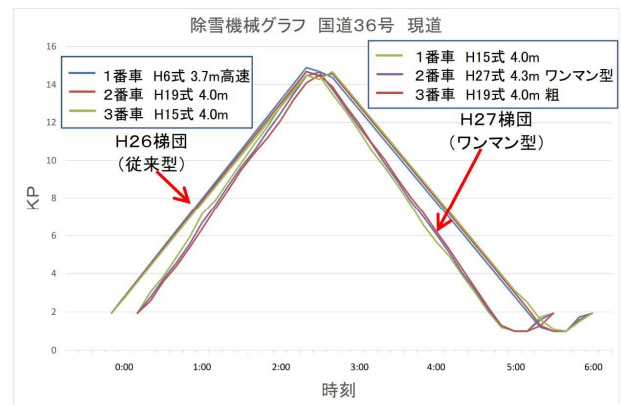


図-2 梯団作業における比較 (その1月寒工区)

図-2 に示したとおり、コマツ製ワンマンでの一次除雪において比較した結果、データ取得日の雪質の違い、路肩の堆雪量、夜間における交通量等、作業条件に違いがあるものの従来型とワンマン型とを比較し、作業効率に差がないと言える。また、除雪工事受注者からも降雪20cm程度であれば、さほど気になることはないとの回答を得ており、作業速度との結果とも整合がとれていることから、ワンマン化による一次除雪への影響はないと言える。

しかしながら、両者のワンマングレーダでの路面整正などの圧雪氷板除去では、車両重量が1~2t程度軽量となり、エンジン出力もコマツ製で30.6%、CAT製で24.8%少なくなっており、作業時に車体の挙動が不安定になるとの回答があった。

また、CAT製ワンマン除雪グレーダ(4.0m級以上機種)のエッジ厚さも従来機種よりも3mm厚くなったことから、切削性も劣る傾向であるようだが、作業速度を低減させるまでの影響は出ていない。ただし、消耗品であるエッジは、従来型及びコマツ製ワンマンはメーカー問わず共通

であったのに対し、CAT 製ワンマンのみ形状に違いがあるため、除雪工事受注者におけるストック品の管理が煩雑になった。従来品に比べ幅で50mm、厚で3mm増加していることより、重量が増えているため、エッジ交換作業が従来型であれば、2名（オペレータと助手）で交換可能だったのが、3名体制での交換作業となった（写真-11）。

	従来型	ワンマン型(CAT製)
エッジ幅	 150mm	 200mm
エッジ厚	 16mm	 19mm
ボルト長さ	 60mm	 60mm
ボルト径	 16mm	 19mm

写真-11 エッジ比較

除雪中の交換作業として、シャッターブレードのシャープピン交換が発生する（写真-12）。



写真-12 シャッターブレードシャープピン

交換作業は、装置の微調整を行いながらシャープピン交換を2名で実施するが、ワンマン型は、前後の車両もしくは伴走車の人員が必要になる。

路面整正作業への影響については、引き続きモニタリングしていく必要があると考える。

5. まとめ

平成27年度より、ワンマン除雪グレーダを導入して除雪作業を実施した結果、キャビンの視界向上や後方カメラの設置により、改善の余地はあるものの、ワンマンタイプでも運転・作業に支障がないことがわかった。操作性についても、オートマチックミッションや総輪駆動（AWD）が装備され、メーカーによる差異はあるが、運転操作軽減が図られていた。

施工能力については、一般除雪作業では、従来の高速整正型に比べブレード高さが低い（20cm以上減である）ものの、梯団編成2番車での施工においては、積雪20cm以下であれば雪抱え込み量等で施工上の不具合は発生しなかった。また梯団編成の1番車で使用する場合には、抱え込み量も少なく、左折専用レーン等の施工のための前後進による作業を行うことがないため、ワンマン除雪グレーダでの施工に適しているのではないかと考える。但し、施工能力については、引き続き検証が必要である。

路面整正作業では、高速整正型に比べてエンジン出力やブレード線圧が減少したことから、特に氷板除去において車体挙動が不安定になったり、エッジ厚さの増加により切削能力が劣ると感じたオペレータが多かった。今後、作業速度への影響についてデータを収集して検証していく必要があると考える。

運転、作業技術の継承においては、除雪グレーダは除雪機械の中でも操作が非常に難しい機械であり、一般的に助手を3～5年経験しないとオペレータになれないと言われている。ワンマンタイプの場合、従来行われてきた運転・除雪作業を行いながらのOJT（人材育成・技術継承）ができないことが懸念される。当面は2人乗り除雪グレーダに助手として教育してからワンマンタイプのオペレータとする方法をとることができるが、全ての除雪グレーダがワンマンタイプとなった場合には新たな方策を官民で検討する必要がある。

ワンマン除雪グレーダへの改良要望として、ブレード押付圧モニタの設置があった。ベテランオペレータであれば必要はないが、技術継承が困難な状況で、ブレード押付圧が確認できると若年オペレータ操作の一助となり作業姿勢の目安となるガイダンスに繋がると思われる。

平成28年度はワンマン除雪グレーダ2台が納入され、梯団2番車以外への配置を実施している。今後は、今年度と同様な調査を実施し、施工能力や操作性等について引き続き検証していきたい。

参考文献

- 1) 一般社団法人日本建設機械施工協会：建設機械施工