

福井管内における除雪機械の効率化について

田中 敏弘¹

¹近畿地方整備局 福井河川国道事務所 防災課 (〒918-8015福井市花堂南2-14-7)

福井河川国道事務所では、一般国道158号中部縦貫自動車道(L=58.4km)の改築事業をおこなっており、順次部分供用が予定されている。福井の気象条件は、東北地方に匹敵する降雪があり、冬期の積雪・凍結等の安全で円滑な交通確保を図るために自動車専用道路の除雪機械(凍結防止剤散布車、除雪トラックなど)の配備計画、及び同時に近年の気象条件の変化、福井管内(8号、27号、161号)の現状の除雪機械の課題の抽出、豪雪時における機械の有効活用、並びに熟練除雪オペレーターの高齢化などを考慮し、時代の転換を踏まえた除雪機械の配備計画の一考察について報告する。

キーワード 効率化、危機管理、アカウンタビリティ

1. はじめに

福井河川国道事務所では、冬期道路の円滑な交通確保を図るために直轄区間(約196.6km、11工区)に除雪機械を配備して、除雪作業をおこなっている。

また、一般国道158号中部縦貫自動車道(L=58.4km)の改築事業をおこなっており、その中の永平寺大野道路(26.4km)(自動車専用道路)の順次部分供用をおこないながら全線供用を目指して事業を進めている。自動車専用道路は、高速性、安全性、定時制、広域的な道路交通等の確保のための冬期道路の維持管理が求められそれに対応しうる機械の台数、機種選定が必要である。

一般国道の冬期道路管理では、維持管理費の縮減が求められている。一方で豪雪時にも、必要なハード・ソフト対応が求められ、既存のストック(除雪機械)をどのように活用するのかが課題である。

上記背景のもとで、自動車専用道路(永平寺大野道路)の全線供用を考慮した除雪機械の配備計画、及び近年の気象条件の変化、福井管内8号、27号、161号の除雪機械の課題の抽出、豪雪時における機械の有効活用、並びに熟練除雪オペレーターの高齢化などを考慮し、将来の永平寺大野道路全線供用時の福井管内全体の除雪機械の配備計画の一考察について報告する。

2. 福井管内の機械除雪の現状について

福井管内の機械除雪の課題抽出のため、気象の特徴、管内の除雪作業の実態、管内の除雪オペレーターの状況について調査した。

福井管内の気象の特徴

福井管内の代表地点(福井市、大野市)の累加降雪深

及び最大降雪深の東北、他の北陸地方と比較したものを図-1に示す。図-1からわかるとおり、福井市は、他の北陸地方と同等の降雪深を示し、大野市に至っては、青森市に匹敵する値である。特徴的なのは、平成22年度の最大積雪深さが際だっている。これは、後に述べる平成23年1月の福井豪雪により短時間で大きな降雪量があったことによるものである。

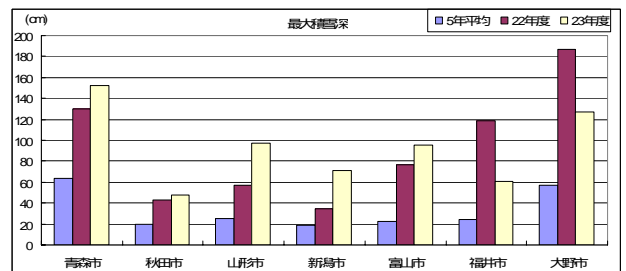
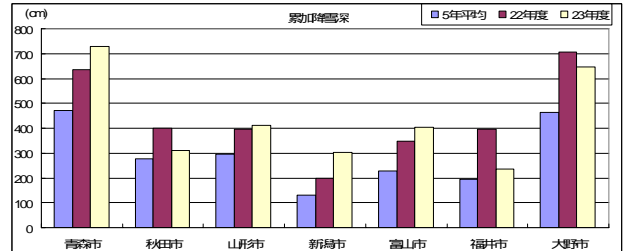


図-1 福井県の降雪条件

次に福井の過去からの降雪状況の変化について調査した。(図-2)年間降雪深は、1986年で最大622cmを記録し、それ以降は全体的に減少傾向となっている。過去10年の年間降雪深は、202cmとなっており、30年レベルで考えると、1982年~1991年(255cm)と比較すると減少傾向、1992年~2001年(165cm)と比較すると増加傾向にある。

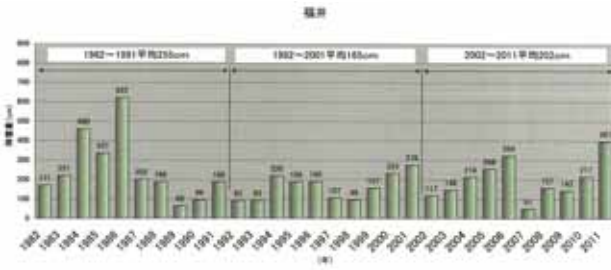


図 - 2 年間降雪深 (福井市の過去30年)

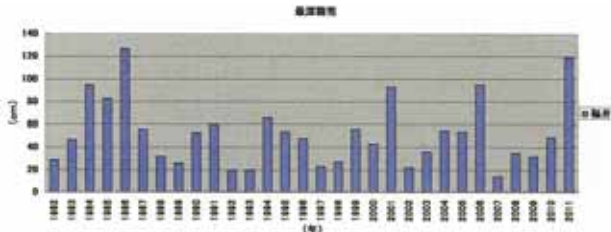


図 - 3 最大積雪深 (福井市の過去30年)

また年度ごとの最大積雪深さは、30年レベルの年間降雪深が減少傾向にあるにもかかわらず、最近10年は、2001年、2006年、2011年で90cmを超える値となっており、年間降雪量が減少傾向にある中で、集中的な降雪がまれに発生していることがわかる。(図-3)次に福井管内における日最大降雪深について図-4に示す。図-4からわかるとおり、158号吉峰、161号山中で特に降雪量が多くなっており、各工区により地形を反映した異なる気象条件となっていることがわかる。永平寺大野道路、大野油坂道路の今後供用予定している路線は、降雪量の多い地域に向かって計画されており雪氷対策が重要事項の一つとなっている。



図 - 4 福井管内の日最大降雪量

また、国道8号の大良～杉津間は、過去20年で4回にわたって集中的な豪雪にみまわれ、重要幹線にもかかわらず通行止め・渋滞が発生している。特に平成23年1月の集中的な豪雪のために、大良観測所の日最大降雪量は、例年に比べ約2.5倍、平成18年豪雪に比べて

も約1.4倍であり記録的な値となった。(図-5)

そのため、雪のために停滞する多数の車両が障害となって除雪作業が難航した。(写真-1)

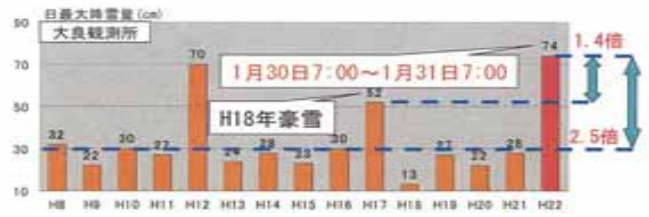


図 - 5 大良観測所の日最大降雪量 (H8～H22)



写真 - 1 大型トレーラーのスタック状況

福井管内の除雪作業の実態

福井管内では、除雪機械として、除雪トラック、除雪グレーダー(高速圧雪整形機含む)、凍結防止剤散布車、ロータリー除雪車、小型除雪車を計69台保有している。それらを11工区にわけて表-1の内容の除雪作業をおこなうため、各種機械を雪害基地に配備している。(図-6)



図 - 6 福井管内の除雪工区

福井管内の冬期間の交通確保のための対策は、経済性・機動性を勘案し、機械除雪による体制を主体として整備している。しかし、家屋連担部で堆雪スペースが確保できない箇所、また縦断勾配の大きい箇所、線形が悪い箇所には、河川水を用いた散水融雪設備を管理延長196.6kmに対して約30%設置している。

散水区間においては、降雪がある間連続稼働により効果を発揮しており基本散水区間の機械除雪は、おこなわず回送のみとして運用としている。

除雪機械の稼働実態は、図 - 7 より凍結防止剤散布車が一番多く、続いて除雪トラックの占める割合が多いことがわかる。(図 - 7)

表-1 除雪工法と適合機械

名称	内容	使用機種
散布	凍結の防止を回り凍結箇所を解消して路面を良好に維持する。気温が低下し路面凍結のおそれがあるとき、または既に凍結が発生しているときに散布作業をおこなう。	凍結防止剤散布車
新雪除雪	路面の積雪が通行車両により踏み固められ圧雪となる前に路面または路外に排除する作業で路面に積雪のおそれなくなるまで反復作業をおこなう。	除雪トラック 除雪グレーダー
路面整正	通行車両により踏み固められた路面上の圧雪を削り取り、路面の平坦性を確保する作業	除雪トラック 除雪グレーダー
拡幅除雪	道路の両側に積雪して出来た雪堤に対して幅員の確保をおこなうための作業	除雪トラック 除雪グレーダー ロータリー除雪車
運搬積雪	地雪スペースの確保が困難な箇所において、雪堤の雪をダンプトラックに積み込み雪捨場まで運搬する作業沿道の状況等から拡幅除雪が出来ない場合におこなう積雪作業(市街地等人家連担地、トンネル坑口部、交差点など)	ロータリー除雪車 ダンプトラック

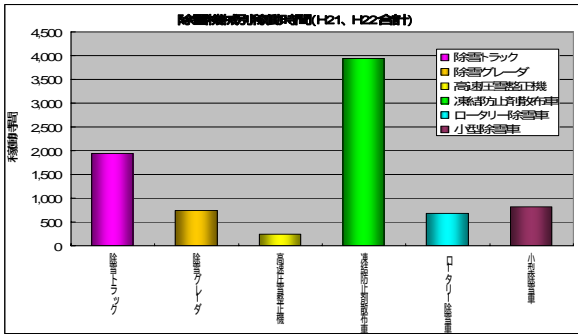


図 - 7 除雪機械の機種別稼働実績

福井管内のオペレーターの現況

ここでは、まず全国及び福井県の建設業就業者の年齢構成について調査した。結果、傾向は全国と福井県内とほぼ同様であった。50歳代が全体の24%で一番多かった。(図 - 8)

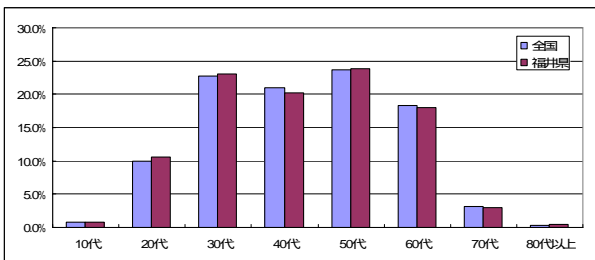


図 - 8 建設業就業者の年齢構成

次に福井管内の除雪オペレータの実態について調査した。(図 - 9) 年齢構成は、50歳以上の方が50%となっており、建設業就業者の50歳以上の割合45%より多い結果であり、高齢化傾向にある。また、管内の各工区の除雪オペレーターへどんな機械が操作可能かのアンケート調査を実施した結果、除雪グレーダー、ロータリー除雪車を運転するための大型特殊免許を所持しかつ、乗りこなせる人が少ない傾向となった。(例)(図 - 10) さらに今後熟練除雪オペレーターの技術が継承されないと、複雑な機械(除雪グレーダー、ロータリー除雪車)を乗りこなすことがますます困難になると考えられる。

ロータリー除雪車を運転するための大型特殊免許を所持しかつ、乗りこなせる人が少ない傾向となった。(例)(図 - 10) さらに今後熟練除雪オペレーターの技術が継承されないと、複雑な機械(除雪グレーダー、ロータリー除雪車)を乗りこなすことがますます困難になると考えられる。

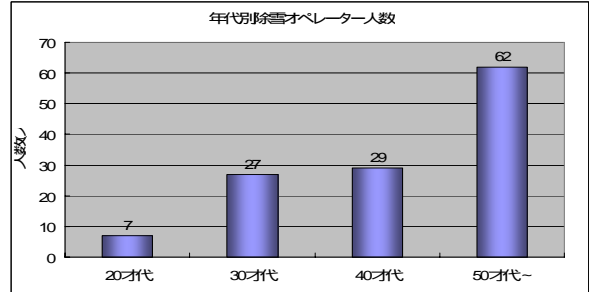


図 - 9 福井管内年齢別オペレーター人数

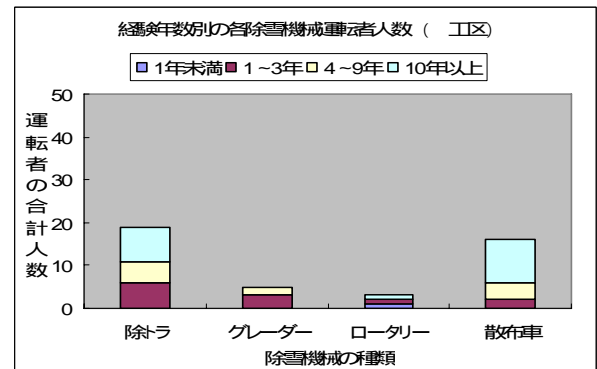


図 10 経験年齢別の各除雪機械運転者人数

3. 福井管内における除雪機械の効率化の課題

福井管内においてこれまでは、冬期道路管理の中の機械除雪は豪雪時も含め、適正におこなわれていると考えられる。しかし、管理延長の増加、近年の維持管理費の見直し等で効率化、さらに豪雪時の適切な対応がますます求められてきている。それらを踏まえ課題を(2. 福井管内の機械除雪の現状についての分析結果より)下記に示す。

自動車専用道路の管理延長が伸びていくことへの対応
自動車専用道路(永平寺大野道路)の部分供用を考慮しながら全線供用を踏まえ、除雪機械の配備計画の構築が必要である。

本路線は、暫定片側2車線となっておりそれに合致した機械の配置を考える必要がある。さらに全線供用の際には、交通量の増加が考えられ、大規模な交通規制は、大渋滞の元となるので対策を検討する必要がある。

気象条件の変化の対応

気象条件の分析により、年間降雪深は過去30年で比較すると全体として減少傾向にありながら、短期間で集中的な降雪(豪雪)で大渋滞・通行止めが昨今生じている。そのため通常の降雪による除雪及び豪雪時も踏まえた除雪機械の配備計画を検討する必要がある。

維持管理費の縮減

短期間で集中的な豪雪に対応するためには、さらなる機械の増強が必要となるが、現実的には予算の制約もあり難しいと考えられる。したがって、現有戦力で除雪作業量に対して各工区に機械を公平に配分し、かつ豪雪時の対応を検討していく必要がある。

除雪オペレーターの負担軽減

今後の熟練除雪オペレーターの高齢化への対応として、若手オペレーターに対応した機械の選定等を検討していく必要がある。

4. 除雪機械の配備計画について

除雪機械の配備計画の作成にあたり、除雪・防雪ハンドブック、過去の機種・台数算定等の参考資料があるが、近年の気象条件の変化、管内の現場実態、豪雪時に求められること、熟練除雪オペレーターの高齢化などを踏まえると必ずしも一致しない。したがって、3. の課題を踏まえ、福井管内において将来の永平寺大野道路全線供用時点での通常除雪時の除雪の効率化と豪雪時の危機管理対応も踏まえ、機械の配備計画の検討を行うこととした。その主な内容は次のとおりである。

4-1 永平寺大野道路の配備計画

自動車専用道路（永平寺大野道路）は、一般国道と比較して線形がよいことから、路線に合致する専用の大型機種の導入を検討した。永平寺大野道路の除雪機械の配備計画の作成にあたっては、図-11のフローの手順で、配備計画の検討及び機種の選定をおこない、本路線の特徴を踏まえたものとした。

まず、道路条件を整理して、危険箇所を抽出、トンネル坑口部などの路面変化の著しい危険箇所には、局所的に融雪施設を設置し、その他の危険箇所は、重点散布区間として散布車の活用を検討した。機械の台数算定、機種を選定、雪氷ローテーションを作成して妥当性を検討した。

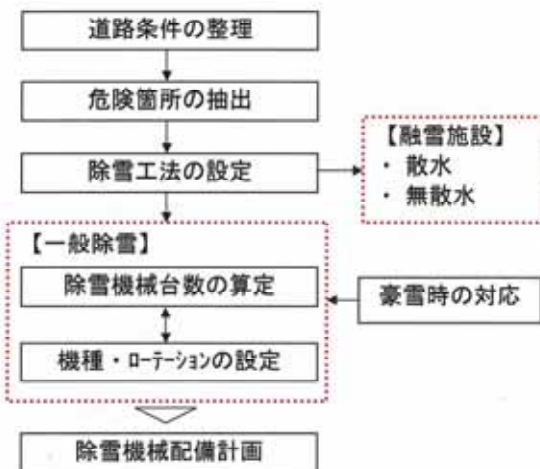


図-11 自動車専用道路の除雪機械検討フロー
次に除雪トラックの機種選定にあたっては、直轄の自

動車専用道路等の他路線では、2.9mのプラウ幅で複数台のてい回除雪としているが、本路線は、暫定2車線であることを踏まえ4.2mのプラウ幅の機種を採用し、除雪トラック1台による1車線確保を原則とした計画とし、コスト低減に配慮した。（図-12）

さらに永平寺大野道路の全線供用を踏まえると、車線分離標の設置が考えられ、また交通量の増加、降雪量の増大のため拡幅除雪の頻度が多くなることが考えられる。また、本路線の延伸区間は、自動車専用道路の性質上、より迅速な車線幅の確保が求められ、拡幅除雪は重要である。

従来工法は、片側交互通行規制して、ロータリー除雪車で除雪、隣にダンプトラックを停止して排雪する方式でおこなっているが、今回全線供用を踏まえると、（図-13）の様に1車線の積み込みのタイプの除雪車を導入することで一般交通を開放しながらの拡幅除雪、運搬排雪が可能となり効率化を図ることが可能と考えられ全線供用時に本機械へ更新していくことが望ましいと考えている。

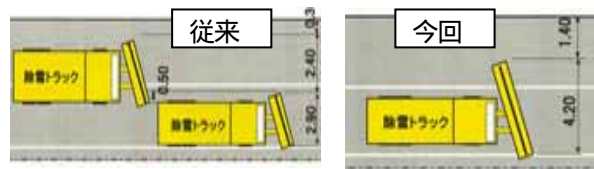


図-12 除雪トラックによる除雪イメージ

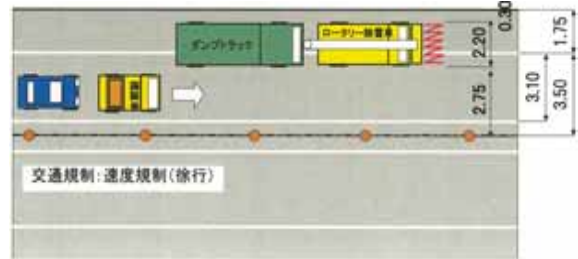


図-13 ロータリー除雪車による運搬排雪
（1車線積み込装置付き）

4-2 福井管内全体の配備計画

気象条件の変化に伴い、短期で集中的な豪雪への対応を考えると、除雪機械のますますの増強が必要となるが、機械の購入などの予算面、オペレーターの確保、効率性の面から全ての工区に増強するのは現実的ではない。したがって、永平寺大野道路全線供用時点の管内の計画では、設計時間降雪深に対して現有のストックを有効に活用する観点で除雪作業に対して機械を公平配分し、豪雪時は、ハード対策のみならず、事前対策、除雪機械の広域運用などのソフト面の対策を組み合わせ対応するものとした。また、特にスタック車両による交通障害の影響が大きく、早期排除が必要な工区には、事後対策（スタックした車両の周りの除雪）のための機械を増強する方向性とした。その主な内容は次のとおりである。

各工区における配備台数の算定
除雪機械の台数算定のフローを図 - 1 4 に示す。

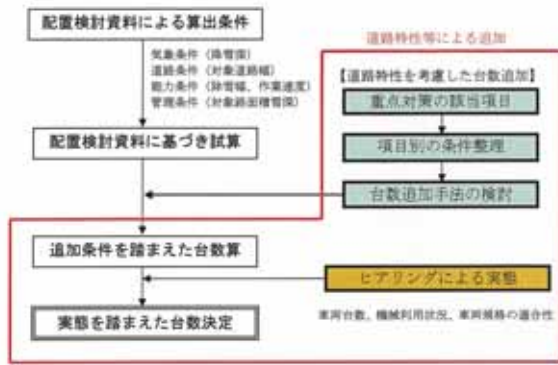


図 - 1 4 除雪機械台数算定フロー

台数の算定には、除雪機械配置計画検討資料を用い、気象条件（降雪深）、道路条件（対象道路幅）、能力条件（除雪幅、作業速度）、管理条件（対象路面積雪深）を各工区毎に抽出して計算式により算定した。ここでは除雪トラック及びグレーダーの算定例について述べる。

一般的に路面積雪が5 cm～6 cmになると車両の走行速度は低下し、20 cmを超えると走行が困難になる。したがって、機械の出動積雪深を5 cmとするとさらに15 cm積雪し20 cmになるまでに作業が完了可能な条件となるように機械の台数を算定した。設計時間降雪深は、過去の気象条件を各観測所データ毎に分析し、10年再現期間値から算定した。算定式及び条件は、下記のとおりである。

$$N = \frac{A \times Hr}{B \times V \times H \times 1,000}$$

N：標準配備台数（除雪トラックと除雪グレーダー）

A：除雪面積（m²）、Hr：時間降雪深

B：平均除雪幅（m/台）

V：平均除雪速度（km/h）13 km/hを採用

H：平均対象積雪深（cm）15 cmで設定

さらに管内の作業の平準化を図るために、冬期間の事故データを分析し、事故頻度が高い道路特性の条件を抽出して該当する工区に除雪機械を増強する手法を用いた。具体的には、市街地（1級路線ないしは4000台/日以上）、道路構造（道路勾配6%以上連続700m以上）、曲率半径（100m以下400m連続以上）、気象特性（過去に大規模交通障害の発生の有無）の3条件のうち、1つでも条件に該当する工区は機械を増強とし、出張所、除雪業者へのヒヤリングも踏まえ評価した。これらの結果を踏まえ、算定した機械台数で15 cm積雪するまでに除雪作業を完了するように雪氷ローテーションを作成し最終台数を精査した。（図 - 1 5）

本手法により各工区に対して台数を算定したが、結果、現況と比較して、例えば6工区の台数が減り、7工区が

増える結果となったが、表 - 2 のとおり、管理延長、それに対する散水融雪設備の整備率、機械の稼働時間の面からも妥当性があると考えられる。

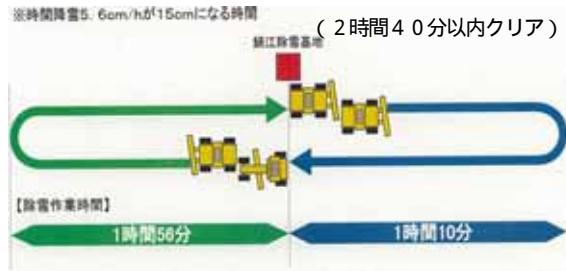


図 - 1 5 雪氷ローテーション（例）

表 - 2 6, 7工区の現場条件の比較（例）

工区	新道除雪基地 (6工区)	金山除雪基地 (7工区)	概要
管理延長(km)	13	27.6	
除雪面積(m ²)	79,800	218,500	
散水装置設置延長(km)	8.1	7.5	
散水装置設置率(%)	51.6	23.0	
降雪強度(時間降雪深cm/h)	6.4	6.2	
除雪機械稼働時間(h)	206	454	除トラ、グレーダ近年H21,22合計
除雪機械稼働率(延長)	15.8	16.4	1km当たりの稼働時間

機械の規格・機種の見直し

配備機械の機種の見直しとして、除雪グレーダーの見直しについて検討した。除雪グレーダーは、新雪除雪のてい団での活用及び路面整正のために活用されている。除雪グレーダーの運転には、大型特殊免許の資格、高度な運転技術が必要であり、さらに本機械の稼働が必要なときは、路面整正（圧雪の除去）などの、最も重要な作業となりつねに熟練除雪オペレータに作業を委ねることとなり、後進が育ちにくい状況となっている。したがって、今後のオペレータの負担軽減を考慮して、グレーダーの内1台を除雪トラック（トラック系）（写真 2）に転換することを踏まえた計画とした。（図 - 1 6）

【A工区除雪機械配置】



図 - 1 6 除雪機械配備の現状と計画



写真 - 2 除雪トラック（路面整正装置付き）

除雪トラックと除雪グレーダーの比較は、表 - 3 のとおりである。除雪トラックに変えると新雪除雪のてい団

除雪のスピードアップにつながり、さらに除雪トラックで路面整正装置（腹グレ）付（写真 - 2）に更新することでパワー面でも圧雪にも対応可能であり、操作性、機動性の向上が図れることが期待できると考えられる。

表 - 3 除雪トラック、除雪グレーダー比較

項目	除雪トラック (10t 路面整正装置付き)	除雪グレーダー(4.3m級)
性能・仕様	除雪幅 2.8m以上 ブレード軸圧 33kN/m以上 全長12,000mm 全幅3,200mm 全高3,800mm	除雪幅 3.6m以上 ブレード軸圧 26kN/m以上 全長12,000mm 全幅2,500mm 全高3,800mm
主な用途	新雪除雪	○
	路面整正	○
メリット	高速除雪が可能である。 車で踏み固められた圧雪は路面整正装置(ブレード)ではぎ取ることができる。	路面整正作業は、ブレードを道路に押しつけることで、能率的に圧雪をはぎ取ることができる。
デメリット	路面の突起物などへの接触による損傷に注意が必要である。	除雪トラックより速度が遅い。操作に技術を要する。

豪雪時の対応

平成23年1月の豪雪を踏まえた今後の対応や方策について当事務所をはじめとして、福井県、中日本高速道路(株)の道路管理者が連携し、「豪雪時における適切な道路管理のあり方検討会議」を開催し、そこでまとめられた方向性に基づき当事務所でも対策を実施している。そこでは、大きくわけて、豪雪時の事前対策(情報収集と提供、関係機関との連携、ノーマルタイヤ車両の対策)と事後対策(スタックした車両の周りの除雪、関係機関との連携)などの方向性が提示されている。この方向性を受けて、過去4回豪雪により渋滞・通行止めが生じている大良～杉津間に優先して、スタック車両を早期除去し道路交通の確保を図るため、スタック車両の周りを除雪するための機械の補強を検討した。

スタック車両が車道を塞いでいる状況で除雪するとなると、既存の官保有の除雪トラックや除雪グレーダーは大型であり、さらに両車両とも雪を前方へ押し出す機能しかなく、停滞車両間の除雪、スタック車両の周りの除雪には、不利である。したがって、図 - 17 のようなバケット付きのスノーローダーを導入し対応している。スノーローダーの豪雪時の活用方法は、大良～杉津の中間点に待機所を新設し、豪雪時に車両・人員とも待機をすることにより、スタック等の交通障害があれば、停滞車両間の除雪、スタック車周囲の除雪をおこない早期の交通解放を目的とするものである。(図 - 17)



図 17 スノーローダーの除雪イメージ

本機械は、福井県内で駐車場の除雪等で民間業者で保有あるいはリースしている例があるが、豪雪時の緊急手配に時間を要するため、官保有する計画とした。さらに本機械の機能及び官保有する優位性を生かして通常降雪時の道の駅、待避所、トンネル坑口部の除雪などに活用

することで、通常時、豪雪時も含めた有効な活用が可能となる。

また、他の工区も含め豪雪時の事前の除雪機械のあり方を考えると、除雪能力を遙かに超えた時間降雪量に対応するため、工区、管轄を超えた重要区間の相互乗入れ・応援態勢、チェーン規制前の事前拡幅除雪などの方法を普段から状況を想定して準備しておくことが重要となる。(図 - 18)

それらの状況判断、タイミングの適正化のためには、除雪機械の位置情報を把握するための装置の導入などのICT化が必要と考える。また、今後、更新する機械は、一定の機能・操作性の統一性を図り更新することで、除雪オペレーターの負担軽減、豪雪時の除雪機械の広域運用にも有効となると考えられる。

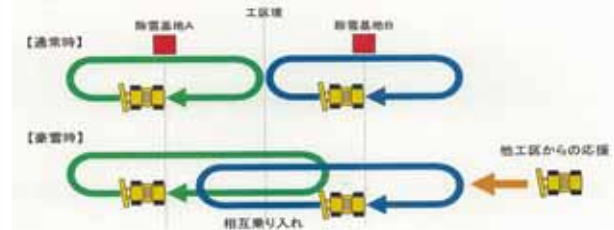


図 - 18 豪雪時の除雪機械の活用図

5. 結論

検討の結果、福井管内全体の除雪の現状を分析・評価し、課題提起をおこない、除雪機械の切り口で効率的に冬期道路管理をおこなうための配備計画の一手法を提案することができた。

6. 今後の課題

今回机上で検討した方向性に基づき、豪雪時を考慮した除雪機械(スノーローダー)の補強などを実施し取り組んでいるが、除雪機械配備後の効果を検証し、さらに補足・見直しをおこないながらPDCAサイクルで検証しながら進めていく必要がある。

そのためには、ICT化を推進し散布・除雪の効果の見える化を図っていかなければならない。また、将来を担うオペレーターの人員確保、若手オペレーターの技術力の向上が急務である。そのためにも現在の熟練除雪オペレーターが在職中のうちに技術の伝承をどのようにおこなっていくのか、また除雪作業の仕事の重要性について一般の住民向けの除雪機械のわかりやすい資料を作成し、これらを用いて住民の理解を得ながら考えていく必要がある。

参考文献

- 1) 日本建設機械化協会：除雪・防雪ハンドブック
- 2) 豪雪時における適切な道路管理のあり方検討会議資料