

平成22年度

# ロータリ除雪車を通年活用する アタッチメント式路面清掃装置の開発 —現場での適用性確認—

(独) 土木研究所 寒地土木研究所 寒地機械技術チーム ○中村 隆一  
同 上 佐々木 憲弘  
(独) 土木研究所 寒地土木研究所 寒地技術推進室 道央支所 坂口 勝利

道路の維持管理は、近年の厳しい財政状況を踏まえた道路予算の縮減から、より一層のコスト縮減が求められている。積雪寒冷地である北海道では、路面清掃車等の維持機械及び除雪機械の専用車は各々半年程度しか稼働できない実態にある。

そこで、道路維持管理のコスト縮減を図ることを目的に、既存のロータリ除雪車を通年活用するため、ロータリ除雪車で路面清掃車の機能を兼用可能なアタッチメント式路面清掃装置の開発を行うものである。

キーワード：コスト縮減、路面清掃、アタッチメント、ロータリ除雪車

## 1. はじめに

本開発にあたり、北海道開発局が保有する全道の機械配置状況、稼働実績及び維持機械・除雪機械の複合化によるコスト縮減の試算結果に基づき、導入効果について検討を行った。その結果、導入台数が多く、コストの縮減率が大きい路面清掃車とロータリ除雪車の複合化について検討を行い、以下の基本条件を設定した。<sup>1)</sup> 計画フローを図-1に示す。

- 1) 既存の機械（ロータリ除雪車）をオールシーズン有効活用すること。
- 2) 1台のベース車両で冬作業の拡幅除雪（ロータリ除雪装置）、夏作業の路面清掃（路面清掃装置）の機能を兼用可能とすること。
- 3) 装置はアタッチメント式とし、ベース車両（ロータリ除雪車）の機能・性能に悪影響を及ぼさないこと。

本報文では、導入効果の試算、及びアタッチメント式路面清掃装置（写真-1参照）の現道適用確認を実施したので報告する。

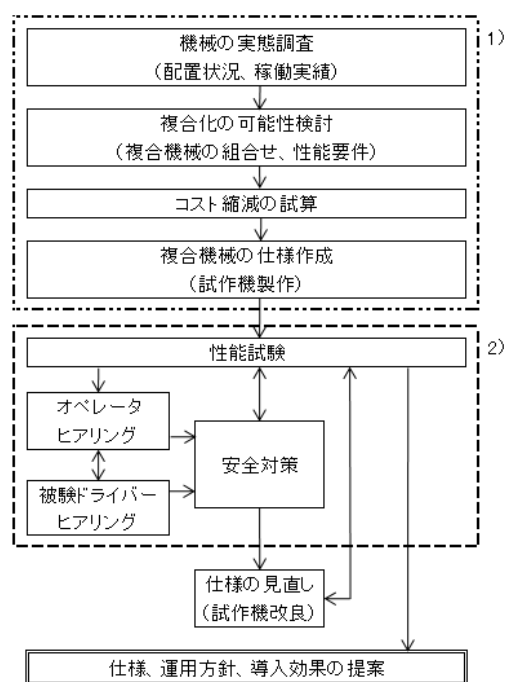


図-1 計画フロー

## 2. 路面清掃装置の仕様

### (1) 仕様検討

寒地土木研究所が開発する路面清掃装置は、コスト縮減の観点から現在運用されている路面清掃専用車（以下、専用車という。）の代用として使用することを目的としている。そのため、既存の専用車と同程度の機能及び性能を確保する必要がある。



写真-1 ロータリ除雪車に対応した路面清掃装置（試作機）

路面清掃装置の仕様は、北海道開発局で運用されている4輪ブラシ式、3輪ブラシ式、4輪操舵ブラシ式のブラシ式路面清掃車の各専用車の主要諸元から各々最大値を採用した。その結果、今まで専用車として活躍していた路面清掃機能をアタッチメント化した場合、機能・性能にどのような利点・欠点があるか確認することが必要である。

また、ベース車両であるロータリ除雪車を北海道開発局、北海道、札幌市などが保有する一般的な規格にすることで、導入先を限定しない仕様とした。

## (2) 性能試験

苫小牧寒地試験道路にて設定したテストコースで試作した路面清掃装置（以下、試作機という。）の性能試験を実施した。試験内容は、ブラシ式および真空吸込み式ロードスイーパー性能試験方法<sup>3)</sup>を参考に、走行試験（道路線形追従走行試験）、作業装置試験（主ブラシ・側ブラシ・補助ブラシ及びホップ、散水機能作動試験）、作業試験（標準土砂及び異形物の清掃能力試験、最大塵埃収容量確認、最適掃き込み構造の検討）、その他（視野試験、ダンプトラックへの積み込み試験等）の基本性能の確認を行った。性能試験の状況を写真-2に示す。



写真-2 性能試験状況

左：道路線形追従走行試験  
中：最大塵埃収納容量確認  
右：ダンプトラックへの積み込み試験

路面清掃装置を開発する上で最も重要な機能について記す。その他の結果については参考文献<sup>2)</sup>に記述されているため省略する。

重要な機能とは道路の塵埃を掃き込み・確保するホップ内の実収容量（以下、容量という。）である。道路で作業する上で、ダンプトラックへの積み込み作業（写真-2右）、回送姿勢など機械の形態や集塵量、散水用水量が変化する毎に機械の重心を考慮しなければいけないため、ホップの必要容量及び形状は開発する上で重要な鍵となる。

試作機の掃き込み構造は、専用車の主ブラシで掃き込んだ塵埃をベルトコンベアで持ち上げ、上から落とし入れる上開き箱形状のような機構（図-2下）と異なり、主ブラシで横から直接掃き込む横開き箱形状（図-2上）としたため、より多くの容量を確保するには掃き込み機構やホップ構造に工夫する必要がある。

ホップ内構造は、より多くの容量を確保するのはもち

ろん、塵埃のこぼれ防止、ダンプトラックへの積み込み作業に影響を与えない構造を検討した。

試作機の容量は、各専用車のホップ内容量にホップ係数<sup>4)</sup>を乗じた換算値（表-1）と最大塵埃収納容量の確認試験で得られた結果（表-2）を比較すると、試作機は専用車の収容量と同程度の能力があることが確認できた。

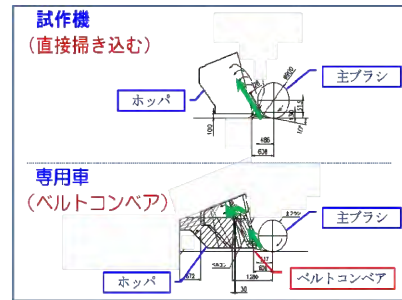


図-2 掃き込み構造

表-1 各種ホップ収容量諸元比較表

	ブラシ式			真空式	適用
	3輪ブラシ式	4輪操舵ブラシ式	4輪ブラシ式	片・両ブラシ式	
	7ロトリオダンフ式	7ロトリオダンフ式	7リアダンフ式	リアダンフ式	
ホップ内容積	2.2m <sup>3</sup>	2.0m <sup>3</sup>	2.5m <sup>3</sup>	6.0m <sup>3</sup>	仕様書 (メーカー値)
ホップ係数	0.55	0.55	0.48	0.50	土木工事標準積算基準書 (国土交通省)
換算値	1.21m <sup>3</sup>	1.1m <sup>3</sup>	1.2m <sup>3</sup>	3.0m <sup>3</sup>	

表-2 試作機最大塵埃収容量の試験結果

	試験No.	砂比重	ホップ内実収容	
			容量(m <sup>3</sup> )	重量(kg)
試作機	1	1.40	1.40	1,960
	2	1.55	1.54	2,387
試作機 (改良)	3	1.56	1.08	1,685
	4	1.33	1.07	1,423

試験の結果、試作機の機能及び性能は、専用車と比べ遜色ない結果となったが、オペレータからのヒアリングより運転操作性について改良点が抽出されたため、仕様の見直しを行った。

試作改良機の主要諸元は、標準塵埃収納容量及び散水タンク容量等を必要最低限にすることで仕様の見直しを行い、同様に性能試験をした結果、良好となった。

試作改良機の主要諸元を以下に示す。

### ロータリ除雪仕様

形式	ツーステージ	2.2m級・2.6m級対応
全長 (作業姿勢)		7,280mm
全幅 (除雪装置含む)		2,600mm
	(除雪装置を除く)	2,500mm
全高		3,570mm
質量 (車両総質量)		13,350kg

路面清掃仕様（試作機）

形式 ブラシ式、フロントリフトダンプ式、  
両ガッタ、散水機能付

全長（作業姿勢）	8,880mm
全幅（回送時）	2,600mm
（作業時最大）	3,000mm
全高	3,570mm
質量（車両総質量：散水タンク満量）	5,185kg
ホoppa内標準塵埃収容容量	1.0m <sup>3</sup>
水タンク容量	900L

(3) 国道での路面清掃装置試行

北海道開発局札幌開発建設部札幌道路事務所が発注する道路維持工事の協力を得て国道で試作機による清掃確認を試行する機会を得た。

試行目的は、試作機の作業性能を主に、試作機と専用車の比較である。方法は、交通量、道路構造、道路上の塵埃量等の作業条件を合わせるため、同工区・同区間において、専用車と試作機で作業を実施し、道路管理者と道路維持工事請負者、オペレータから運転操作性、作業能力、導入可能性等についてヒアリングを実施した（写真-3～5参照）。

また、専用車と試作機の清掃状況、オペレータ負担及び清掃機械と一般車両の挙動を確認するため、ドライブレコーダーを取り付け、映像での比較確認を実施した（図-3～5参照）。



写真-3 試行した試作機と路面清掃車

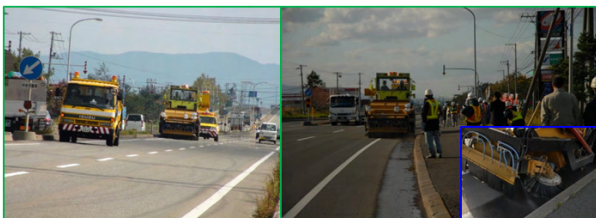


写真-4 試作機の清掃状況

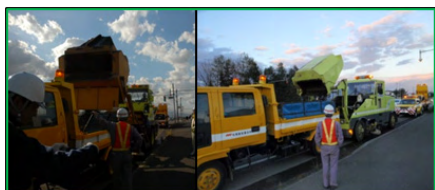
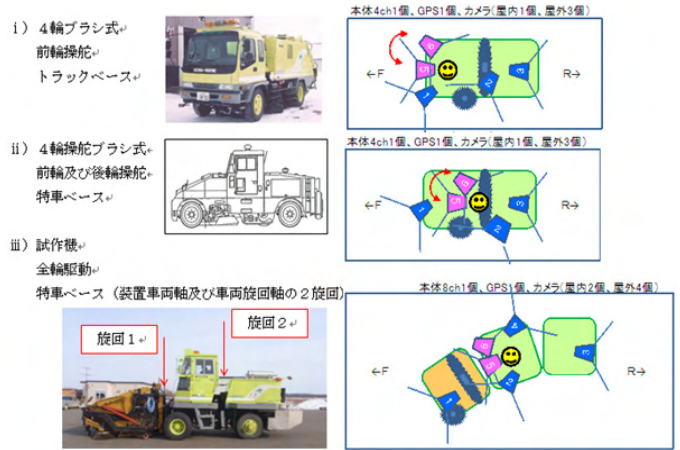


写真-5 積込み作業の状況（比較）



<カメラの設置場所及び映像範囲>

- ①左前方：路面清掃前の路面状況及び前方の映像（清掃前）
- ②左側方：側ブラシと歩道縁石及び路面の映像（追従性）
- ③左後方：路面清掃後の路面状況及び後方の映像（清掃後）
- ④右側方：近接車両との位置関係の映像（安全性：追い越し車両、後続車）
- ⑤運転席：オペレータからの前方視界（視界性、運転操作性、安全性）
- ⑥運転席：オペレータの視線及び操作状況の映像（運転操作性、安全性）

図-3 ドライブレコーダー取付位置



図-4 ドライブレコーダー映像（試作機）

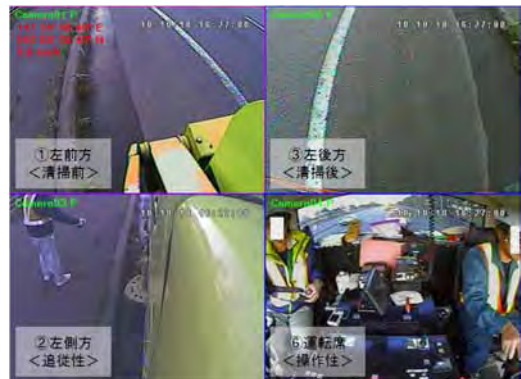


図-5 ドライブレコーダー映像（4輪操舵ブラシ式）

試行の結果、一般車両に危険を与えるような状況、挙動は確認されず、問題なかった。

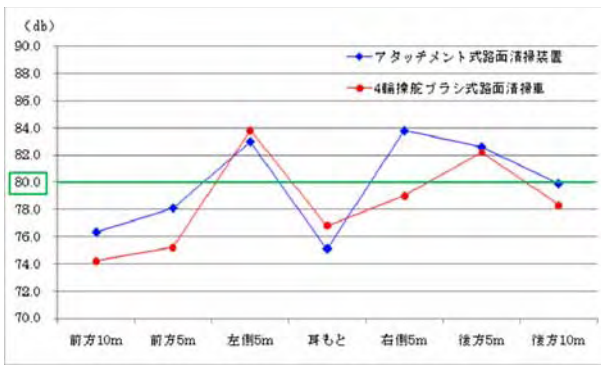
さらに並行して、専用車と試作機の作業騒音について比較計測した結果、差異がなかったとともに、札幌市の特定建設作業の騒音規制法<sup>5)</sup>を参考としても規制基準以下となった。

試行に関する主な意見は以下のとおりであった。

・機械の見た目より操作に違和感がない。実用化の可能性があると思う。

- どんな機械でも初めは運転修得期間が必要である。
- ブラシ式専用車は、定期的にホップ内の塵埃をダンプトラックに空けるため、ホップ容量は必要以上に大きくする必要はない。また、散水車にて事前散水するため、散水タンクも同様に必要以上に大きくなくても問題ない。
- 専用機械と異なる兼用式の導入に対する否定的考えはない。それより、道路の維持管理費の縮減により路面清掃機械を保有できなくなる状況に懸念がある。
- コスト縮減対策は急務であり導入検討したい。

以上より、改めて専用車の性能を確認及び比較することによって、現場視線からの細かな要望はあったものの、新たな機械に対し否定的な意見や、専用車との比較に大きな差異がないことが確認できた。



騒音レベルの代表例		
騒音の程度	騒音レベル	騒音の程度例
会話不可能	120dB	最大可聴値
		航空機のエンジン近く
		騒音の激しい地下鉄の駅
	110dB	工場サイレンの近く
	100dB	列車が通過する時の高架下
		地下鉄車内、電車の駅
	90dB	機械作業場、空調機械室、印刷工場内
会話困難	80dB	交差点、マーケット、国道
会話に少し大きな声が必要	70dB	劇場、百貨店、銀行のロビー、騒がしい事務所
		レストラン、大きな商店、ホテルのロビー
		普通の会話
		都市周辺住宅地、事務所内
常に会話ができる	60dB	劇場、映画館の観客のざわめき
		一般の住宅(平均値)
	50dB	静かな住宅地
	40dB	郊外
		ラジオ放送スタジオ
	20dB	木の葉がすれ合う音
	10dB	ささやき声
	0dB	最小可聴値

図-6 騒音測定比較表

## 2. 導入検討

### (1) 複合化による運転費

ロータリ除雪装置及び路面清掃装置の兼用化によるメリット、デメリットを以下のとおりまとめた。

#### 1) ロータリ除雪車(冬期)の運転費が下がるメリット

ベース車両を路面清掃作業でも使用することにより、年間標準運転時間<sup>6)</sup>の増加が、運転日数、供用日数の増加よりも比率が大きくなり、供用日当り運転時間(t)、運転日当り運転時間(T)が増加する。そのため、運転1時間当り労務工数及び機械損料が下がり、運転1時間当り単価が減少する。

#### 2) 路面清掃車(夏期)の運転費が上がるデメリット

ベース車両がロータリ除雪車になることで、運転日数、供用日数の増加が、年間標準運転時間<sup>6)</sup>の増加よりも比率が大きくなり、供用日当り運転時間(t)、運転日当り運転時間(T)が減少する。そのため、運転1時間当り労務工数及び機械損料が上がり、運転1時間当り単価が増加する(上項1と逆転現象)。

### (2) 導入効果の試算

ロータリ除雪車と専用車及び試作機の組合せでコスト縮減に関する比較を行った。

導入効果の試算を図-7、年間当たりの専用車に対する運転費の縮減比率を表-3に示す(平成19年度稼働平均の実績・平成22年12月燃料単価及び基準採用)。

ロータリ除雪装置として使用する場合は、既存の機械を活用するため、イニシャルコスト(購入費)及びランニングコスト(整備費、管理費)は現状のままだが、先に述べたメリットより、ランニングコスト(運転費)が大幅に減少する。

路面清掃装置として使用する場合は、現状の機械1台の購入からアタッチメント装置のみの購入となるため、イニシャルコスト(購入費)及びランニングコスト(整備費、管理費)は大幅に減少するが、先に述べたデメリットより、ランニングコスト(運転費)のみ増加する。その結果、路面清掃装置単体の運転費を見ると、コスト高となるが、ロータリ除雪装置の運転費が大幅に減少するため、年間当たりの組合せで比較するとコスト縮減が可能である。



図-7 ライフサイクルコスト比較表(機械単位)

表-3 運転費比較表

	新規	現行	運転費 現行比率(%)			
			単体	夏冬・組合せ		
夏期	路面清掃仕様 ブラシ式2.5m <sup>3</sup>	路面清掃車	3輪ブラシ式	137 %	93 %	
			4輪ブラシ式	133 %	92 %	
			4輪操舵ブラシ式	125 %	90 %	
冬期	ロータリ除雪車	220m級(排対3次)	ロータリ除雪車	220m級(排対3次)	76 %	-

また、道路管理者が工事受注者へ機械を無償貸与する場合で1組・台当たりのライフサイクルコストを損料<sup>6)</sup>で試算した。

試算対象機種は保有台数の多い4輪ブラシ式とし、結果を図-8に示す。路面清掃車(装置)とロータリ除雪車を組み合わせた年間当たり総額で積み上げ方式とした。0年目は購入費のみとし、1年目以降は整備費、管理費、運転費を計上した。

損料表<sup>6)</sup>における過去3ヶ年の変化として、ロータリ除雪車の標準使用年数が13.5年から15.0年、路面清掃車の標準使用年数が8.0年から9.0年または9.5年と使用年数が伸びていることから近年の背景が伺える。ここでは比較を行うため、ベース車両であるロータリ除雪車に準拠した使用年数で試算した。

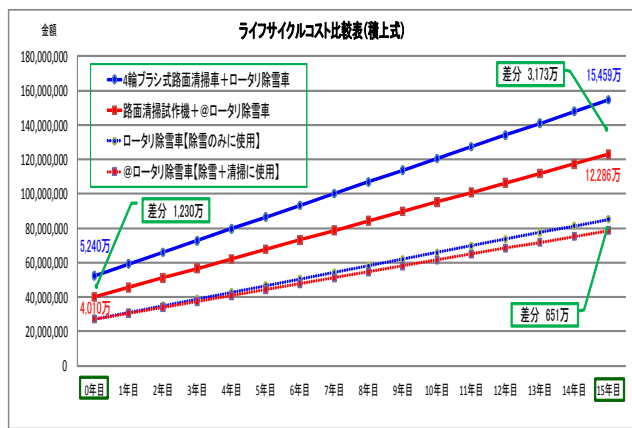


図-8 ライフサイクルコスト比較表(積上式)

青線：従来の運用(各々専用車を使用した場合)  
赤線：提案の運用(ロータリ除雪車を通年利用した場合)

### (3) 効果的な配置提案

より多くの導入効果を期待するには、専用車と試作機の運転費の差から稼働時間比が有利な配置を行う必要がある。

表-4は、専用車と置き換えた場合、従来の組合せ運転費と“同等”になる稼働時間の比率を示している。

燃料単価の変動によって、比率は若干異なるものの、どの規格も路面清掃車よりロータリ除雪車の数値が低いことから、ロータリ除雪車の稼働が多い地域に有利であり、燃料単価が安価なほど削減効果は大きくなる。

表-4 効果が得られる稼働時間比

		路面清掃		
		3輪ブラシ式	4輪ブラシ式	4輪換鉋ブラシ式
ロータリ除雪車	2.2m幅220kW級(排対3次)	0.416 : 0.584	0.395 : 0.605	0.344 : 0.656

※(左)ロータリ除雪装置：(右)路面清掃装置  
※(左)ロータリ除雪装置の値が表中よりも大きいほど機械経費及び労務費が減少、小さいほど増加する。  
※(右)路面清掃装置の値が表中よりも大きいほど機械経費及び労務費が増加、小さいほど減少する。

このことから、積雪寒冷地である北海道や東北地方のような除雪機械の稼働が年間標準運転時間<sup>6)</sup>より高く、維持機械の稼働が低い傾向にある地域は、コスト削減効果が高いと考えられる。

### (4) 国土交通省の事業概要

路面清掃作業の目的は、道路及び沿道環境の保全と道路の美観を保持することを含めた道路の機能維持と保安、交通災害の予防、人体の保護など<sup>7)</sup>としている。

国道の維持管理は、各地域によって気象条件や沿道状況等が異なることから路面清掃などの各維持作業は地域の状況を踏まえ、適切な道路維持管理がされてきた。

しかし、冒頭で記した近年の道路予算縮減に加え、平成21年11月の行政刷新会議「事業仕分け」での結果から、今般、通行の安全性等に配慮しつつ、全国統一の考え方を設定し実施されることになった。

このことから、国土交通省北海道開発局の局長定例記者会見配付資料<sup>8)</sup>によると、“道路の清掃などは全国統一の管理基準により運用するとともに、北海道の特殊事情や地域の特性を考慮しつつ適切な道路サービスを提供するため、地域ごとに維持管理計画を作成します。”とあり、表-5に示す基準が設定された。

また、除雪作業についても先の行政刷新会議から全国統一基準が設定され、今冬の除雪の基本方針について<sup>9)</sup>コスト削減が求められている。

表-5 路面清掃管理基準

項目	H21実施基準	H22実施基準
車道(DID区間)	1~28回/年	6回/年以内
車道(郊外部)	1~7回/年	1回/年以内

### (5) 路面清掃車のブラシ式と真空式の比較

路面清掃車の機種を選定するにあたり、表-6<sup>7)</sup>に示す路面清掃車の作業条件と適用性を参考にした。

表-6 路面清掃車の作業条件と適用性

走行装置による分類	3輪式		4輪式	
	ブラシ式		真空式	
塵埃回収方式による分類	ブラシ式		真空式	
塵埃排出方式による分類	フロントダンプ式	リアダンプ式	フロントダンプ式	リアダンプ式
(作業条件)				
屈曲の多い狭い道路で使用する場合	○	△	△	△
回送距離が長い場合	△	○	○	○
土砂の堆積が多い場合	○	○	○	△
塵埃が大きく、多量に堆積している場合	○	○	○	△
塵埃の比重が軽く、堆積量が少ない場合	△	△	△	○
橋清掃作業時を兼用したい場合	×	×	△	○
騒音を特に避けたい場合	○	○	○	△
塵埃を作業路上で積み替えない場合	○	○	○	○
塵埃を直接処分場へ持ち込み場合	×	×	△	△
(道路構造)				
路面の不陸が多い場合	△	△	△	○

注) ○印:良 △印:普通 ×:適さない

ブラシ式・真空式ともに、今後、道路清掃回数の抑制から1回当たりの作業負担が増加することを想定すると

色付きの作業条件“土砂の堆積が多い場合”、“塵埃が大きく多量に堆積している場合”、“騒音を特に避けた場合”に注目した。その結果、地域条件にも左右されるが、少数保有になった場合、今後ブラシ式の有用性が高くなると思われる。

また、ブラシ式と真空式の比較をコストでも試算した。各々異なる特徴を持っているが、作業形態として大きな違いがある。

塵埃の処分について、真空式は捨て場まで自走しなければいけないのに対し、ブラシ式はダンプトラックを拘束する必要がある。

道路清掃の基準<sup>4)</sup>によると、工区毎の清掃延長、清掃速度、移動距離、移動速度、塵埃量などの実績から求めることになっているため、地域事情が異なる工区毎の比較が必要になるが、塵埃処分場までの距離が近いと真空式が安価であり、遠い程ブラシ式が安価になる傾向がある。

これは工区毎の清掃延長や塵埃量の違いに加え、“真空式の塵埃処分場までの移動距離、速度の加算分”と“ブラシ式のダンプトラック（＝路面清掃車）の運転時間”のどちらが有利であるかが比較のキーポイントになる。

清掃延長のどの位置でホoppが満載になるか確定できないため、コストに対して単純な比較はできないが、塵埃量を試験方法<sup>3)</sup>の散布平均である 0.4m<sup>3</sup>/km と仮定した場合、移動距離が清掃延長の4～5倍以上になるとブラシ式が有利になる傾向になり、1回当たりの清掃塵埃量が増すにつれブラシ式が有利になる。

### 3. まとめ

これまで実施してきた試験結果、ヒアリング、試算を基に以下のとおりまとめる。

- 1) 国道での試行により試作機は、機械の性能・機能、ヒアリングでは良好な結果だった。
- 2) ロータリ除雪車を通年活用することで、ロータリ除雪車自体の運転単価を縮減でき、アタッチメント式路面清掃装置は、現行の路面清掃専用車に比べ、導入効果（イニシャルコスト約 50%低減、ランニングコスト約 10%低減）がある。更に、よりコスト縮減を期待するには稼働時間比が有利な配置を行う必要がある。
- 3) 本開発装置は、除雪機械の稼働が年間標準運転時間<sup>6)</sup>より高く、維持機械の稼働が低い傾向にある積雪寒冷地域には、より一層コスト縮減に寄与できる。

### 4. 今後の展望

国道での試行で良好な結果となったことから、提案す

る寒地土木研究所式路面清掃装置の最終設計見直しを行っている。

今後は道路維持管理費のコスト縮減を目的に、ロータリ除雪車を通年活用する提案、開発したアタッチメント式路面清掃装置の仕様を国道のみならず地方自治体の道路管理者などにも広く活用してもらうため、普及活動をしていきたいと考えている。

また、当研究所が保有する試作機を今回試行した現道以外にも活用してもらうことによって、普及活動、改良項目の抽出、並びにフォローアップをしていきたい。

**謝辞：**国道での試行に当たり、関係各位への調整、現場の提供をして頂いた国土交通省北海道開発局の担当者様、試行を協力して頂いた札幌建設運送株式会社の担当者様のおかげで現場試行することができました。記して謝意を表します。

### 参考文献

- 1) 中村隆一、佐々木憲弘、坂瀬修：雪氷処理のコスト縮減に関する技術開発についてーロータリ除雪車対応型路面清掃装置の開発ー、北海道開発技術研究発表会論文、第 52 回（平成 20 年度）
- 2) 中村隆一、佐々木憲弘、坂口勝利：アタッチメント方式による路面清掃装置の開発ーロータリ除雪車を通年活用する提案ー、北海道開発技術研究発表会論文、第 53 回（平成 21 年度）
- 3) (社) 日本建設機械化協会・施工技術部会道路維持委員会：ブラシ式および真空吸込み式ロードスイーパー性能試験方法、日本建設機械化協会規、1968. 8. 1
- 4) 国土交通省・建設物価調査会：土木工事標準積算基準書、平成 22 年度
- 5) 札幌市環境保全のページ、<http://www.city.sapporo.jp/kanky/souon/kensetsu.html>
- 6) 北海道開発局・(社) 日本建設機械化協会：建設機械等損料算定表北海等補正版、平成 20 年度
- 7) (社) 日本建設機械化協会：道路清掃作業の手引き、平成 7 年 1 1 月
- 8) 国土交通省北海道開発局 HP、局長定例記者会見、平成 22 年 4 月 6 日会見、北海道の有する食料供給や観光の可能性を全国・世界に向けて開く使命を果たします～平成 22 年度北海道開発局関係事業概要～、配付資料 p 9  
<http://www.hkd.mlit.go.jp/kyokutyu/h22/0406/01.pdf>
- 9) 国土交通省北海道開発局 HP、報道提供資料、平成 22 年 1 1 月 1 5 日、今冬の除雪の基本方針について<資料 1 >  
[http://www.hkd.mlit.go.jp/topics/press/press\\_h2211/15\\_josetsu.pdf](http://www.hkd.mlit.go.jp/topics/press/press_h2211/15_josetsu.pdf)