

## 16. 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

(独)土木研究所寒地土木研究所 ○ 中村 隆一  
(独)土木研究所寒地土木研究所 住田 則行  
国土交通省北海道開発局 佐々木憲弘

### 1. はじめに

積雪寒冷地では、路面清掃車等の道路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。また、道路の管理は全国統一の管理基準が設定され、より一層のコスト削減が求められている。そこで、近年の予算削減など喫緊の課題に対応すべく、既存の機械をオールシーズン有効活用することに着目し、ロータリ除雪車をベース車両にしたアタッチメント式路面清掃装置の開発を行った。

本報は、過年度に本シンポジウムで報告した性能試験の結果<sup>1)</sup>に基づき、試作機の改良、国道での試行、仕様のとりまとめを行ったので報告するものである。

### 2. 検討概要

#### 2.1 検討方針

積雪寒冷地における道路維持機械及び除雪機械の配置状況、稼働実績から複合化によるコスト削減の試算を行った。その結果、導入台数が多く、コスト削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。

- 1) 既存の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、冬期作業の拡幅除雪（ロータリ除雪装置）と、夏期作業の路面清掃（路面清掃装置）の機能を兼用可能とすること。
- 3) 路面清掃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。

#### 2.2 仕様検討

開発する路面清掃装置は、コスト削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。

路面清掃装置の仕様は、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採用した。

また、ベース車両とするロータリ除雪車は、国や地方自治体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。

試作した路面清掃装置（以下、試作機という。）を写真-1に示す。



写真-1 ロータリ除雪車をベース車両にした  
アタッチメント式路面清掃装置（試作機）

### 3. 性能試験

試作機の性能試験は、試験道路に設定したテストコースで実施した。試験は、ブラシ式および真空吸込み式ロードスweep性能試験方法<sup>2)</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込み試験、一般ドライバーからの視認等）の基本性能の確認を行った。

過年度の試験結果より、機械の性能・機能は良好であったが運転操作性に課題が残った。これを解決するため、以下の要点で試作機の改良を行い、過年度と同様の性能試験を行った。

ブラシ式清掃タイプの場合、作業途中で集積した塵埃の積込みを可能とするため、ホップ収容容

量を重視しないことから、運転操作性向上を目的に全長短縮化に伴う、ホップ形状や機構の配置を検討改良した。

性能試験の状況を写真-2に示し、代表的な結果を以下に記す。



写真-2 性能試験状況

左：道路線形追従走行試験

中：清掃能力試験

右：ダンプトラックへの積み込み試験

テストコースは、直線路、回転半径及びバスベイ構造の道路線形を作製し、各種試験を行った。

道路線形に対する追従は、車両ステアリング（車両旋回）及び装置アングリング機構（装置旋回）を併用することで可能とした（写真-2 左、図-1）。

清掃能力試験は、春先清掃作業及び道路維持清掃作業の塵埃量を想定して、2種類（ $0.4\text{m}^3/\text{km}$ ・ $0.8\text{m}^3/\text{km}$ ）の塵埃条件と3種類（低速3~5km/h・中速6~8km/h・高速10km/h）の作業速度で、砂及び異形物を対象に、清掃後の掃き残し量を計測して収納能力（収納率＝（塵埃量－掃き残し量）／塵埃量）を確認した（写真-2 中）。その結果、作業速度が速くなるに伴い、収納率が低下する傾向にあったが、塵埃の量にさほど影響なく、どの速度でも土砂・異形物ともに収納率90%程度の清掃能力が確認できた。

試作機の掃き込み構造は、専用車における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、上から落として入れる上開き箱形状の機構と異なり、主ブラシで横から直接掃き込む横開き箱形状とした。そのため、より多くの塵埃収納容量を確保するには掃き込み構造やホップ構造を工夫する必要がある。ホップ内構造は、より多くの塵埃収納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を円滑に行える構造を検討した。

試作機の塵埃収納容量は、各専用車のホップ内容量にホップ係数<sup>3)</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納容量と同程度の能力があることが確認できた。

視野試験は、試作機及びロータリ除雪装置を取り付けた作業姿勢と回送姿勢で比較した結果、各々の姿勢とも同等の視野であることが確認できた（図-2）。また、専用車とも比較した結果、トラ

ックベースである4輪ブラシ式を除き、視野範囲は同程度であった。

オペレータのヒアリングや試験から、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。

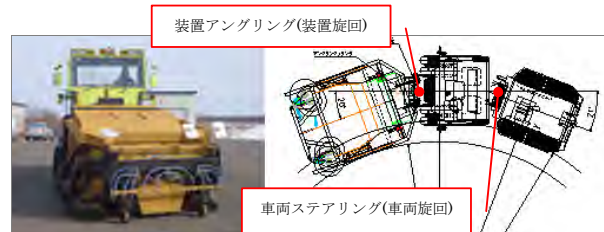


図-1 旋回機構（車両＋装置）

表-1 各種ホップ収納容量比較表

|        | 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           |                    |
|        | フロントリフトダンプ式        | フロントリフトダンプ式       | リアリフトダンプ式         | リアダンプ式            |                    |
| 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 試作機最大塵埃収納容量の試験結果

|     | 試験No. | 砂比重  | ホップ内実収容容量           |        |
|-----|-------|------|---------------------|--------|
|     |       |      | 容量(m <sup>3</sup> ) | 重量(kg) |
| 試作機 | 1     | 1.56 | 1.08                | 1,685  |
|     | 2     | 1.33 | 1.07                | 1,423  |

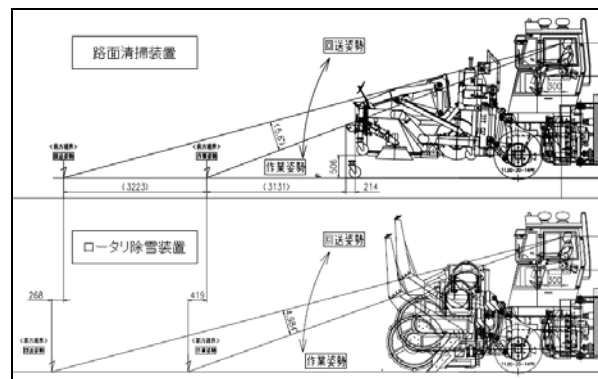


図-2 作業及び回送姿勢の視野範囲

（上：路面清掃装置、下：ロータリ除雪装置）

#### 4. 国道での路面清掃作業の試行

国土交通省北海道開発局の協力を得て試作機による清掃確認を国道の道路維持工事で試行する機会を得た。

試行目的は、試作機の作業性能の確認を主に、試作機と専用車の作業能力の比較である。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）。



写真-3 路面清掃車（左）と試行した試作機（右）



写真-4 試作機の清掃状況



写真-5 積み込み作業の状況（比較）

左：試作機

右：路面清掃車

また、専用車と試作機の清掃状況、オペレータの作業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）。

試行の結果、試作機のベース車両の特性である中折れ操舵に伴う機械の車線逸脱や機械の全長の増大に伴う追い越し困難など一般車両に危険を与えるような状況、挙動は確認されなかった。

さらに、専用車と試作機の作業騒音について計測した結果、差異がなかった（図-6）。

試行に関する主な意見は以下のとおりであった。

- ・機械の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、散水車で事前散水するため、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。

以上のように、現場から細かな要望はあったものの、試作機に対し否定的な意見や専用車との作業能力の比較で大きな差異がないことが確認できた。



#### ＜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（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の映像（視界性）
- ⑥運転席：オペレータの視線及び作業状況の映像（運転操作性、安全性）

図-3 ドライブレコーダーカメラ取付位置



図-4 ドライブレコーダー映像（試作機）

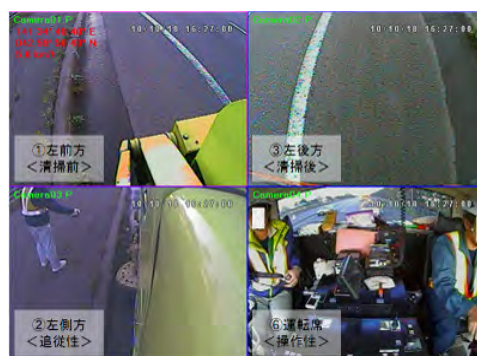
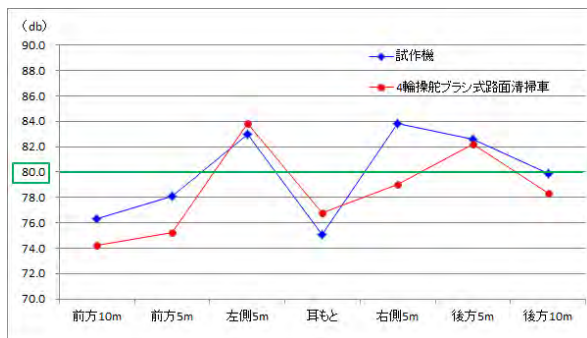


図-5 ドライブレコーダー映像（4輪操舵ブラシ式）



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                                        |
|              | 110dB | 航空機のエンジン近く<br>騒音の激しい地下鉄の駅                    |
|              | 100dB | 工場サイレンの近く<br>列車が通過する時の高架下<br>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                        |
| 楽に会話ができる     | 60dB  | レストラン、大きな商店、ホテルのロビー<br>普通の会話<br>都市周辺住宅地、事務所内 |
|              | 50dB  | 劇場、映画館の観客のさわめき                               |
|              | 40dB  | 一般の住宅(平均値)<br>静かな住宅地                         |
|              | 30dB  | 郊外<br>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 騒音測定結果

## 5. 仕様のとりまとめ

テストコース及び国道での試行結果から、以下に示す主要諸元で仕様のとりまとめを行った。

### ロータリ除雪車

形式 ツーステージ 2.2m 級対応

### 路面清掃装置

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

最大清掃幅 3,000mm

ホップ内標準塵埃収容容量 1.0m<sup>3</sup>

水タンク容量 900L

最大積載量 2,400kg

## 6. 導入検討

### 6.1 通年活用による運転費

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、デメリットを以下にまとめる。

(1) (冬期) ロータリ除雪車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>4)</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、運転日当り運転時間が増加する。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) (夏期) 路面清掃車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>4)</sup>の増加よりも比率が大きくなり、供用日当り運転時間、運転日当り運転時間が減少する。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)。

### 6.2 導入効果の試算

ロータリ除雪車(冬期)と専用車(夏期)の組み合わせと、ロータリ除雪車(夏期・冬期)と試作機(夏期)の組み合わせでコストに関する比較を行った。

過年度の平均稼働実績を基にしたライフサイクルコストの比較を図-7、年間当たりの専用車に対する運転費の比率を表-3に示す。

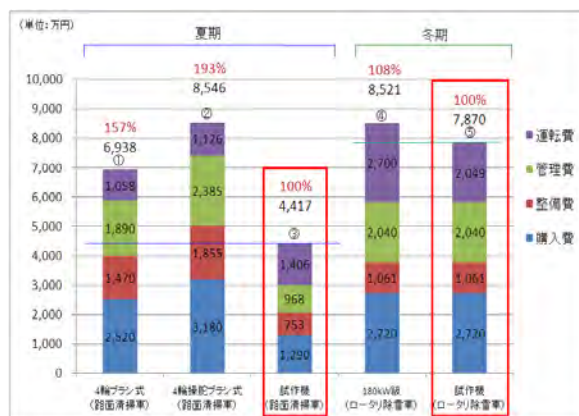


図-7 ライフサイクルコスト比較表(機械単体)

(注記)

- ①, ②, ④は現行機械のライフサイクルコスト
- ③は試作機とベース車両(ロータリ除雪車)の夏期分のライフサイクルコスト
- ⑤は夏期に試作機を利用した場合の冬期分のライフサイクルコスト

表-3 運転費比較表

|    | 新 規     |                  |                                                                                       | 現 行     |              | 運転費<br>現行比率(%) |        |
|----|---------|------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------|--------------|----------------|--------|
|    |         |                  |                                                                                       |         |              | 単体             | 夏冬・組合せ |
| 夏期 | 路面清掃装置  | アタッチメント式<br>ブラシ式 |  | 路面清掃車   | 3輪ブラシ式       | 137 %          | 93 %   |
|    |         |                  |                                                                                       | 路面清掃車   | 4輪ブラシ式       | 133 %          | 92 %   |
|    |         |                  |                                                                                       | 路面清掃車   | 4輪操舵ブラシ式     | 125 %          | 90 %   |
| 冬期 | ロータリ除雪車 | 180kW級(3次排対)     |                                                                                       | ロータリ除雪車 | 180kW級(3次排対) | 76 %           | —      |

試算は、ベース車両となるロータリ除雪車の標準使用年数15年<sup>4)</sup>でライフサイクルコストの比較をしたもので、図中の棒グラフ①～③が夏期使用

の路面清掃車 2 機種及び試作機、④～⑤が冬期使用のロータリ除雪車の 15 年間のライフサイクルコストを示す。なお、赤線で囲った棒グラフ③、⑤は本報告で提案する機械の組み合わせで、それぞれを 100%とした場合の比率を棒上の赤文字に示す。

冬期にロータリ除雪車（装置）⑤を使用する場合は、イニシャルコスト（購入費）、整備費及び管理費は現状どおりとなるが、先に述べたメリットにより、運転費が現行の④に対して大幅に削減される。

夏期の路面清掃装置③を使用する場合は、現状の専用車①又は② 1 台の購入の代わりにアタッチメント装置の購入となることから、イニシャルコスト（購入費）、整備費及び管理費は大幅に削減されるが、先に述べたデメリットにより、運転費が増加する。

その結果、夏期の路面清掃装置③の運転費を見ると、コスト高となるが、冬期のロータリ除雪車の運転費が大幅に削減されるため、1年を通して比較するとコスト縮減が可能である。

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 組当たりのライフサイクルコストを試算した。

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>4)</sup>における過去 3 ヶ年の変化として、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、ロータリ除雪車の標準使用年数が 13.5 年から 15.0 年と使用年数が伸びていることから、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 15 年で試算した。

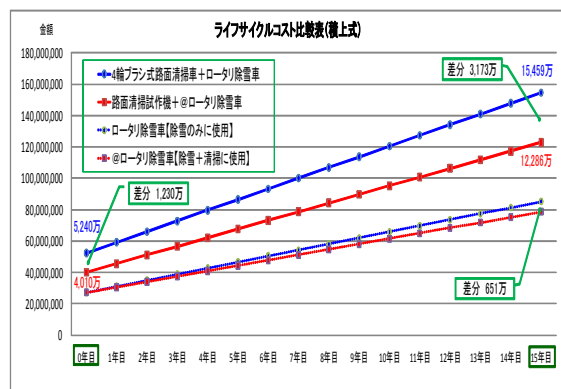


図-8 ライフサイクルコスト比較表（積上式）

（注記）

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）

### 6.3 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ことが望ましい。

表-4 は、専用車から置き換えた場合、従来の組み合わせ運転費と同等になる稼働時間の比率について試算結果を示している。

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。

このことから、除雪機械の稼働が年間標準運転時間<sup>4)</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。

表-4 導入効果が得られる稼働時間比

|         |              | 路面清掃車         |               |               |
|---------|--------------|---------------|---------------|---------------|
|         |              | 3輪ブラシ式        | 4輪ブラシ式        | 4輪操舵ブラシ式      |
| ロータリ除雪車 | 180kW級（3次排対） | 0.416 : 0.584 | 0.395 : 0.605 | 0.344 : 0.656 |

（注記）

1.（左）ロータリ除雪車：（右）路面清掃車

2.（左）ロータリ除雪装置の値が表中よりも大きいほど運転費が減少、小さいほど増加する。

### 6.4 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>5)</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、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、地域の特性を考慮した適切な道路サービスを提供とあり、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、コスト縮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 |

## 6.5 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>5)</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      |        |        |
|--------------------|----------|----------|--------|--------|
| 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        | カントリブラシ式 | カントリブラシ式 | リヤブラシ式 | リヤブラシ式 |
| (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 | △        | △        | △      | ○      |
| 併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たい場合    | ○        | ○        | ○      | ○      |
| 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、表-6の色付き箇所の作業条件“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”、及び市街地を考慮し、“騒音を特に避けたい場合”に注目した。その結果、地域条件にも左右されるが、路面清掃車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コストを試算した。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。

路面清掃における塵埃処分の作業形態について、真空式は処分場まで自走しなければならないのに対し、ブラシ式は処分場まで自走を必要としない分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>3)</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、塵埃量の実績などから路面清掃費を求めるため、地域事情が異なる工区毎の比較が必要になるが、路面清掃車のホッパに収集した塵埃を処分場まで運ぶ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に要する費用”

と“ブラシ式のダンプトラックの拘束に要する費用”のどちらがコスト的に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ッパ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、路面清掃車性能試験<sup>2)</sup>を実施する場合の塵埃量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ある。また、塵埃量が増すにつれブラシ式が有利になる。

## 7. まとめ

本開発では、道路維持管理のコスト削減に向けた技術開発を行った。その結果を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削減でき、アタッチメント式路面清掃装置は、路面清掃専用車に比べ、経済的である。更に、よりコスト削減を期待するには稼働時間比が有利な配置をすることが望ましい。

今後は、寒地土木研究所が開発したアタッチメント式路面清掃装置を用いたロータリ除雪車を通年活用する提案を国や地方自治体の道路管理者などを中心に広く普及活動を行い、道路維持管理費のコスト削減に貢献したいと考えている。

## 8. 今後の課題

喫緊の課題として、コスト削減対策は急務であり、冒頭の予算縮小によるロータリ除雪車などの道路維持除雪機械の整備充実度や、更新遅れによる長期使用の機械疲労度、更に通年活用によるロータリ除雪車の維持修理費など机上では試算できない部分について追跡調査していく必要があると考える。

## 参考文献

- 1) 中村隆一・佐々木憲弘・坂口勝利：ロータリ除雪車対応型路面清掃装置の開発，建設施工と建設機械シンポジウム論文集，pp.161～166，平成21年度
- 2) 社団法人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ウィーパー性能試験方法，1968.8.1
- 3) 財団法人建設物価調査会：国土交通省土木工事標準積算基準書，平成22年度
- 4) 社団法人日本建設機械化協会：建設機械等損料表北海道補正版，平成22年度
- 5) 社団法人日本建設機械化協会：道路清掃作業の手引き，平成7年11月