

新技術開発探訪

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

1. はじめに

道路の維持管理は、近年の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、路面清掃車等の夏に使う道路維持機械および除雪機械の専用車はおのおの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オールシーズン有効活用するため、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（写真－1）を行ったので紹介する。



写真－1 ロータリ除雪車に対応した路面清掃装置（試作機）

ばさないこと。

2. 路面清掃装置の仕様

(1) 検討方針

本開発に当たり、積雪寒冷地において導入台数が多いロータリ除雪車と路面清掃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

(2) 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および性能を確保する必要がある。

路面清掃装置の仕様は、3輪ブラシ式、4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おのおの最大値を採用した。さらに、アタッチメント化した場合、機能・性能にどのような利点・欠点があるのか確認することにした。



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

写真—2 性能試験状況

また、ベース車両であるロータリ除雪車を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。

(3) 性能試験

試作した路面清掃装置（以下「試作機」という）の性能試験をテストコースで実施した。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¹⁾を参考に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。

試験の結果、試作機の機能および性能は、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。

試作機の改良は、ホoppa実収容量（ホoppa容量ではなく実際に収容できる容量）および散水タンク容量を必要最低限にする等の見直しを行い、同様に性能試験をした結果、良好となったことから、以下に示す主要諸元で仕様のとりまとめを行った。

- ① ロータリ除雪仕様
ツーステージ 2.2m級・2.6m級対応
- ② 路面清掃仕様

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oppa実収容量 1.0m³

水タンク容量 900ℓ

最大積載量 2,400kg

(4) 国道での路面清掃作業の試行

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（写真—3）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。

また、専用車と試作機の清掃状況、オペレータの作業およ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—1）。



写真—3 路面清掃車（左）と試行した試作機（右）



図—1 ドライブレコーダー映像（試作機）

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、挙動は確認されず、問題はなかった。

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な考えはない。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を検討したい。

以上より、改めて試作機の性能確認および専用車と比較することによって、現場からの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。

3. 導入検討

(1) 複合化による運転費

ロータリ除雪装置およ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²⁾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、供用日当たり運転時間、運転日当たり運転時間が増加する。そのため、運転1時間当たり労務工数および機械損料が下がり、運転1時間当たり単価が減少する。

2) (夏期)路面清掃車の運転費が上がるデメリット

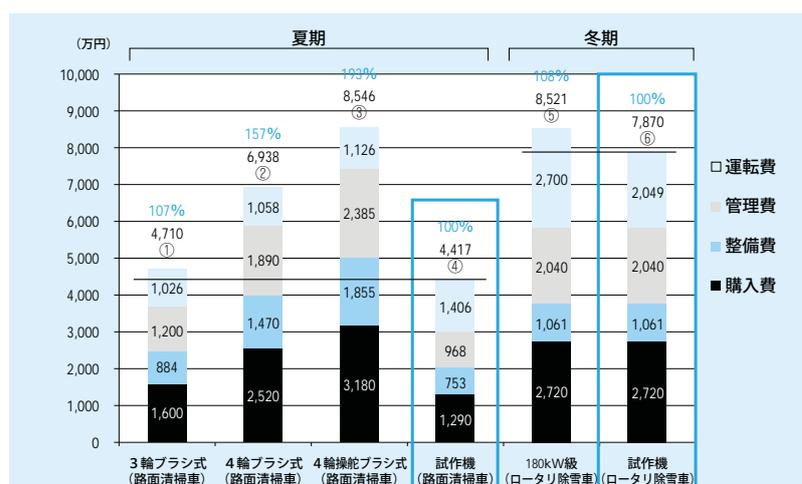
ベース車両がロータリ除雪車になることで、運転日数、供用日数の増加が、年間標準運転時間²⁾の増加よりも比率が大きくなり、供用日当たり運転時間、運転日当たり運転時間が減少する。そのため、運転1時間当たり労務工数および機械損料が上がり、運転1時間当たり単価が増加する(前項1)と逆転現象)。

(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縮減に関する比較を行った。

過年度の平均稼働実績をもとに導入効果の試算結果を図-2に示す。

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²⁾でライフサイクルコストの比較



- (注) 1. ①, ③は現行のロータリ除雪車のライフサイクルコスト
2. ⑥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
3. ④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

図-2 ライフサイクルコスト比較表

をしたもので、図中の棒グラフ左から①～④を夏期使用の路面清掃車3機種および試作機、左から⑤、⑥を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、青線で囲った棒グラフ④、⑥は本報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青文字に示す。

冬期にロータリ除雪装置として使用する場合、夏期に試作機を使用する⑥は既存の機械を活用するため、イニシャルコスト（購入費）および整備費・管理費は現状のままだが、先に述べたメリットより、運転費が現行の⑤に対して大幅に削減される。

夏期の路面清掃装置として使用する場合は、現状の専用車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）および年間の整備費・管理費は大幅に削減されるが、先に述べたデメリットより、夏期の運転費は増加する。

その結果、夏期の路面清掃装置とベース車両の運転費を見ると、コスト高となるが、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削減が可能である。

(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-1は、専用車から置き換えた場合、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²⁾より高く、維持機械の稼働が低い傾向にあ

表-1 現行の運転費と同等になる稼働時間比

		路面清掃		
		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次排出ガス対策型)	0.416 : 0.584 ^(注)	0.395 : 0.605 ^(注)	0.344 : 0.656 ^(注)

(注) (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および労務費が減少、小さいほど増加する。

表-2 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	フロントリフトダンプ式		リヤリフトダンプ式	リヤリフトダンプ式
塵埃排出方式による分類	フロントリフトダンプ式	フロントリフトダンプ式	リヤリフトダンプ式	リヤリフトダンプ式
(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	△	△	△	○
樹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 ×印：適さない

る地域は、コスト削減効果が高いと考えられる。

(4) 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当たり、表-2³⁾に示す路面清掃車の作業条件と適用性を参考にした。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”および市街地を考慮し、“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比較をコストでも試算した。

路面清掃における塵埃処分の作業形態について、真空式は捨て場まで自走しなければならないのに対し、ブラシ式は捨て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⁴⁾によると、工区ごとの清掃延長、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ごとの比較が必要になるが、路面清掃車のホoppa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、遠いほどブラシ式が安価になる傾向がある。

これは工区ごと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oppa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⁵⁾を実施する場合の塵埃量 $0.4\text{m}^3/\text{km}$ 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、路面清掃塵埃量が増す

につれブラシ式が有利になる。

4. まとめ

これまで実施してきた試験結果、ヒアリング、試算をもとに以下のとおりまとめる。

- ① 国道での試行の結果、試作機の性能・機能は良好な結果となった。
- 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、現行の路面清掃専用車に比べ、経済的である（イニシャルコスト約50%低減、ランニングコスト約10%低減）。さらに、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。
- ③ 本開発装置は、除雪車の年間稼働率が高く、清掃車の稼働率が低い地域では、より一層コスト削減に寄与できる。

5. おわりに

国道での試行で良好な結果となったことから、寒地土木研究所が提案するアタッチメント式路面清掃装置の詳細設計の見直しを行った。

今後は道路維持管理費のコスト削減を目的に、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や地方自治体の道路管理者などに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。

【参考文献】

- 1) 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、昭和43年8月
- 2) 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年度版
- 3) 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
- 4) 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年度版

独立行政法人土木研究所寒地土木研究所寒地機械技術チーム なかむら りゅういち いがらし ただし 中村 隆一・五十嵐 匡
 (前) 独立行政法人土木研究所寒地土木研究所寒地技術推進室道央支所 さかぐち かつとし 坂口 勝利