

## 16.3 ICTを活用した効率的、効果的な除雪マネジメント技術に関する研究

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 23～平 27

担当チーム：寒地機械技術チーム

研究担当者：柳沢雄二、牧野正敏、小宮山一重、  
大上哲也、岸寛人

### 【要旨】

積雪寒冷地において、降雪や積雪が道路交通に与える影響は大きく、円滑な道路交通の確保は地域住民にとって必要不可欠である。本研究では、除雪機械稼働情報や気象情報等の共有・蓄積・分析を行い、除雪作業を効率的・効果的に実施するため、ICT(Information Communication Technology)を活用した除雪マネジメント技術を提案するものである。

平成 23 年度は、通常時と豪雪時の除雪機械稼働状況を可視化して分析を行い、通常時の除雪作業では除雪梯団や除雪作業ルート等がほぼパターン化され、豪雪時は除雪梯団や除雪作業ルート等を臨機に変化させていることがわかった。また、各工区の除雪作業所要時間の調査を行い、通常時に対する豪雪時の増加率を数値的に確認し、各工区で増加率に違いがあることがわかった。

キーワード：除雪機械、マネジメントシステム、GPS、運用支援、除雪計画、ICT

### 1. はじめに

積雪寒冷地において、降雪や積雪が道路交通に与える影響は大きく、円滑な道路交通の確保は地域住民にとって必要不可欠である。また、北海道には鉄道の廃止により生活が 100%道路輸送に依存している地域もあることから、道路交通は重要な生命線となっており道路除雪に対する住民ニーズは高い。近年の公共投資の抑制などを背景に、道路除雪についてもコスト縮減をせざるを得ない状況であり、道路管理者は除雪に関する管理基準の設定や各種コスト縮減に取り組んでいる。さらに、国土交通省が策定した「国土交通省防災業務計画（平成 23 年 8 月）」では、雪害による被害の発生防止または軽減を図る観点から除雪機械について即時的、広域のかつ一元的な管理等、効果的な運用技術を開発し防災対策に反映するよう記されている<sup>1)</sup>。

一方、北海道の国道を管理する北海道開発局（以下、開発局）は、1,028 台<sup>2)</sup>の除雪機械を用いて、一般国道約 6,620km<sup>2)</sup>の除雪を行っている。また、開発局では、地図上でのリアルタイムな除雪進捗状況の把握や、過去の作業履歴確認が可能な除雪機械等情報管理システム<sup>3)</sup>を用いて除雪作業を把握している。

本研究では、除雪機械等情報管理システムに蓄積された詳細な除雪機械稼働情報や気象情報等の共有・蓄積・分析を行い、除雪作業を効率的・効果的に実施するため、

ICT(Information Communication Technology)を活用した除雪マネジメント技術を提案するものである。

### 2. 研究実施内容

本研究では、除雪作業を効率的・効果的に実施するマネジメント技術提案のため、次の技術開発に取り組んでいる。

- ① 気象情報と除雪機械の稼働（位置・作業）情報の可視化による、除雪作業効率の分析・評価技術の提案
- ② 気象情報・除雪機械稼働情報の分析と ICT を活用した情報共有による、除雪出勤判断・除雪運用支援技術の提案

平成 23 年度は、除雪機械等情報管理システムに蓄積されている除雪機械稼働情報（位置・作業）の時間経過に伴う状況・形態変化を作図により可視化し、除雪作業状況の分析を行った。また、過去の降雪量とその時の除雪作業所要時間の調査・分析を行った。

### 3. 除雪機械等情報管理システムの概要

除雪機械等情報管理システムは、開発局が導入した基幹システムと、(独)土木研究所寒地土木研究所（以下、寒地土研）が開発した除雪機械マネジメントシステムから構成されており、開発局及び除雪工事受注者（以下、除雪業者）に提供されている。

### 3.1 基幹システムの概要

除雪機械には GPS 及び各種作業センサーが設置されており、除雪機械の位置・作業情報を車載端末からリアルタイムにデータ収集・送信する。基幹システムは、除雪機械から送られてくる位置・作業情報を収集管理し、リアルタイムな除雪進捗状況の確認や過去の詳細な除雪作業履歴（作業日時、作業内容、作業箇所（KP）等）を確認することができる。基幹システムの基本機能である「除雪機械位置の確認」、「作業履歴の確認」画面の一例を図-1に示す。

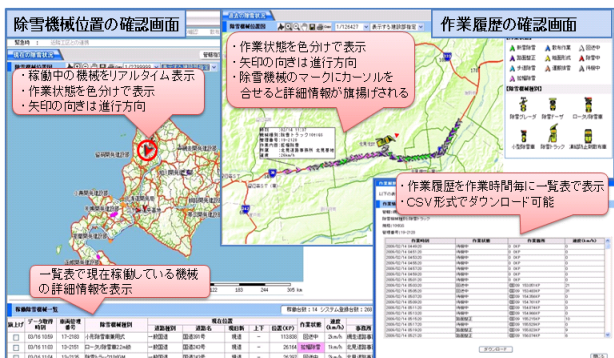


図-1 除雪機械位置の確認・作業履歴の確認

### 3.2 除雪機械マネジメントシステムの概要<sup>3)</sup>

除雪機械マネジメントシステムとは、基幹システムで取得した除雪機械の位置・作業情報と、道路管理データ（気象観測、通行規制、道路カメラ画像等）を連携させ、道路管理における効率的、効果的な除雪マネジメントを可能とするシステムである。除雪マネジメントとは、除雪計画の策定（Plan）、実施（Do）、評価（Check）、処置（Action）といった「PDCA」サイクルを実現させ、道路維持管理業務の効率化及びサービスレベルの継続的な向上を図ることを指す。

除雪機械マネジメントシステムには、「除雪計画支援」、「出動判断支援」、「ダイナミック工区シフト支援」、「豪雪災害対応支援」、「散布情報収集管理支援」と5つの基本構想があり、現在運用中の機能は「ダイナミック工区シフト支援」、「散布情報収集管理支援」である。

## 4. 気象情報と除雪機械の稼働（位置・作業）情報の可視化による、除雪作業状況の分析

除雪機械等情報管理システムによる除雪機械稼働情報の確認は、除雪機械位置を地図上に表示して閲覧する方法と、作業データを CSV 形式で取得する方法がある。

本研究では、CSV 形式で取得した除雪作業データを活用し、X 軸に時刻、Y 軸に距離標（KP）を取ったグラフ

（以下、除雪作業グラフ）により、除雪作業状況の可視化を行った。可視化した例を図-2に示す。また、同じ作業データを通常の表示方法で地図表示した除雪作業履歴を図-3に示す。

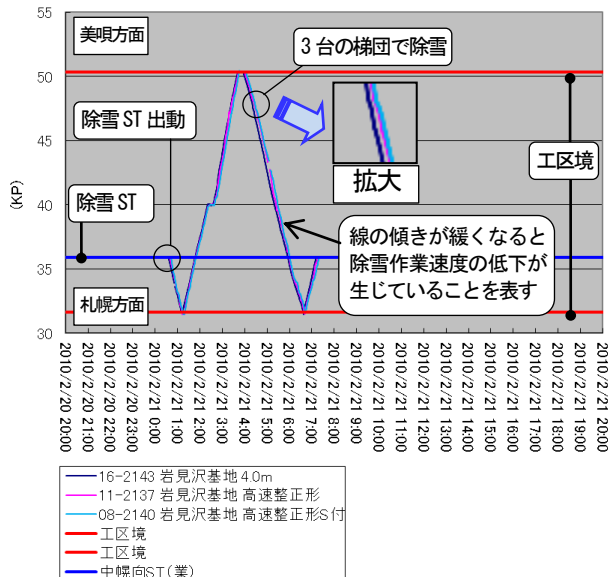


図-2 除雪作業グラフ作成例

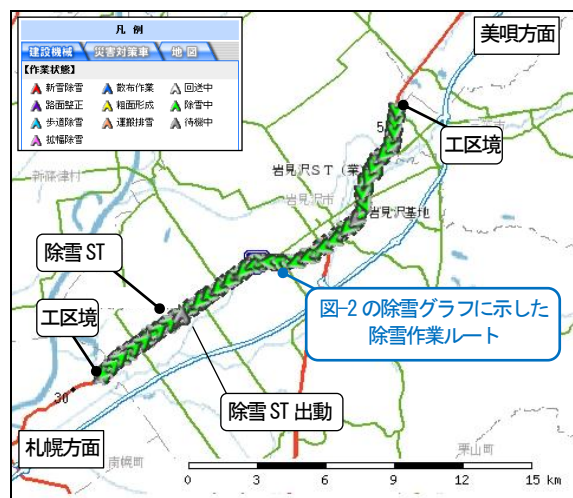


図-3 除雪作業履歴（5分間隔走行軌跡）

図-2に示す除雪状況としては、3台の除雪車が除雪ステーション（以下、除雪 ST）を出動して札幌方面へ向かい、その後、担当工区の工区境で3回折り返す除雪ルートで除雪を行い、除雪 STに戻っていることがわかる。一方、図-3は一定時間毎の軌跡で確認することができる。

図-2のようなグラフを作成することにより、時間経過に伴う除雪機械の作業状況が可視化されるため、除雪作業の進捗状況や速度変化の把握が容易になる。また、複

数台数の表示も可能であるため、除雪梯団構成等の作業形態の変化を確認することができる。

#### 4.1 除雪機械稼働情報の可視化による分析

除雪作業状況の分析を行うため、札幌開発建設部（以下、開建）、網走開建管轄の除雪工区に関連する気象庁気象観測所の降雪データ（2009年10月1日～2012年1月31日）を調査した。また、札幌開建管轄の10工区、網走開建管轄の2工区の除雪作業グラフを日降雪量が10cm程度の日（以下、通常時）と20cm程度以上の日（以下、豪雪時）に分けてそれぞれ10日程度分作成した。なお、札幌開建、網走開建管轄の除雪工区を選定した理由は、両開建のみが分析対象とした期間の除雪機械の位置・作業情報を収集・蓄積されていたためである。

#### 4.2 除雪作業分析事例（1）

開発局が発注した札幌市の一般国道12号と一般国道275号の除雪工事工区(図-4)における通常時と豪雪時の除雪作業状況の分析事例について説明する。

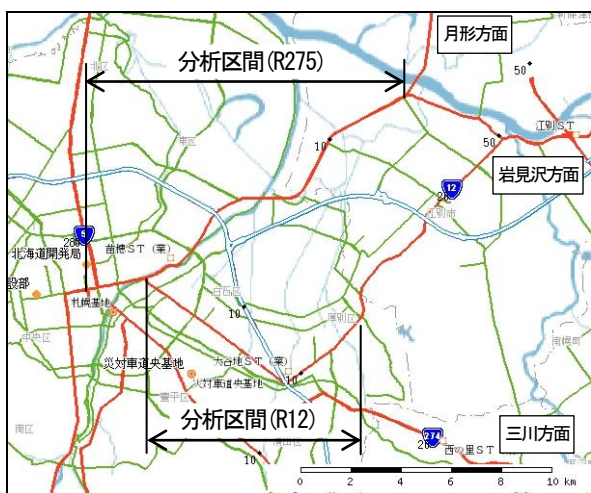


図-4 分析工区概要図（一般国道12号・275号）

通常時の分析事例として、2011年1月31日の除雪作業グラフを図-5、6に、その時の降雪量を図-7に示す。

この日の除雪出動前から除雪終了までの降雪量は12cmであった。図-5に示した一般国道12号の除雪は、一般国道275号沿いに位置する除雪STを出動した3台の除雪車で担当工区内（赤線内）の除雪を行っていることがわかる。

図-6に示す一般国道275号の除雪は、3台の除雪車が除雪STを出動して一般国道12号へ向かい、別の3台の除雪車で一般国道275号月形方面の担当工区内（赤線内）の除雪を行っていることがわかる。また、異なる日の除雪作業でも除雪梯団や除雪作業ルートに大きな変化

がなく、通常時の除雪作業形態は、ある程度パターン化されていることがわかった。

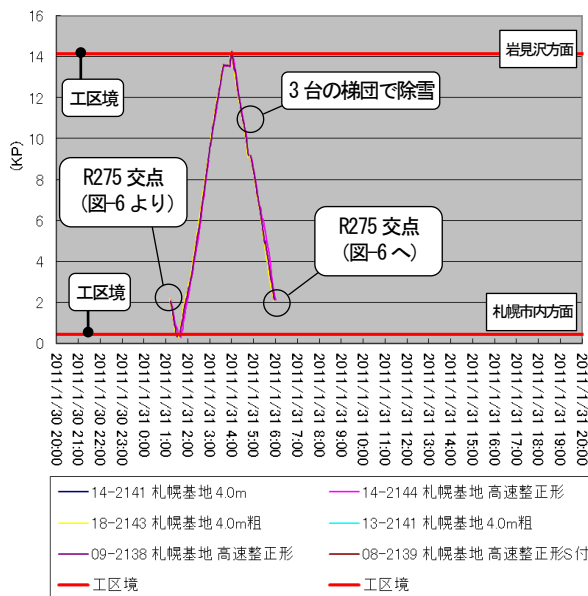


図-5 一般国道12号の除雪作業グラフ（通常時・2011年1月31日）

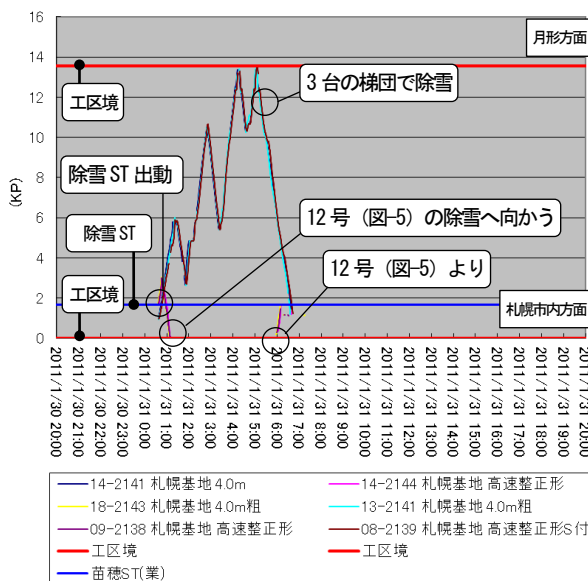


図-6 一般国道275号の除雪作業グラフ（通常時・2011年1月31日）

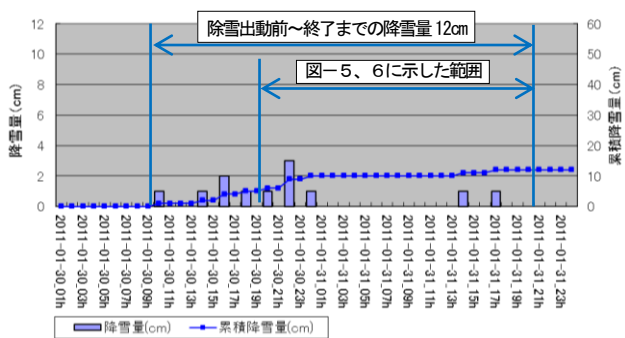


図-7 札幌市の降雪量 (2011年1月30~31日)

豪雪時の分析事例として、2011年1月17日の除雪作業グラフを図-8、9に、その時の降雪量を図-10に示す。

この日の除雪出動前から除雪終了までの降雪量は26cmであり、通常時の2倍程度の降雪量であった。通常時の除雪作業グラフ(図-5、6)と比べると、図-8の除雪作業グラフでは除雪作業梯団、除雪作業ルートに変化は無いが、グラフ軌跡の傾斜が通常時に比べて緩くなっていることが確認できる。これは、除雪作業速度の低下を表すものであり、通常時よりも多い降雪が除雪作業速度に影響を及ぼしているためと推測できる。

図-9のグラフでは除雪作業梯団は図-6と同じ除雪車3台だが、除雪作業ルートは、KP10.0~14.0の区間を数回繰り返す除雪を行っており、通常時とは違う除雪作業ルートだったことが確認できる。また、この一般国道275号の除雪でもグラフ軌跡の傾斜が通常時に比べて緩くなっていることから、除雪作業速度の低下が生じていたことが確認できる。

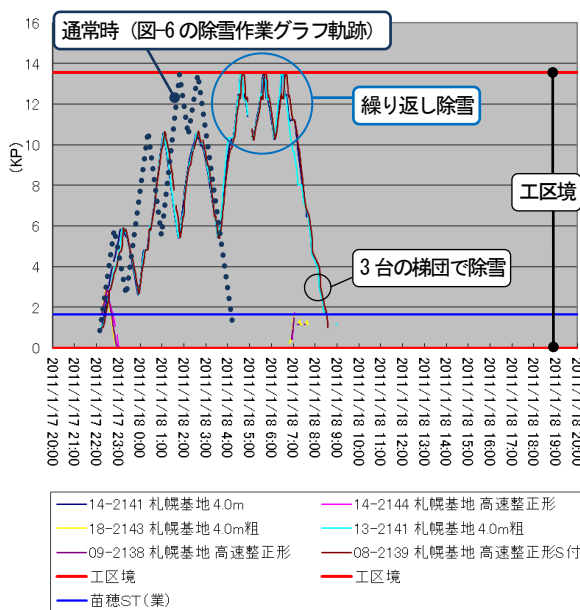


図-9 一般国道275号の除雪作業グラフ (豪雪時・2011年1月17~18日)

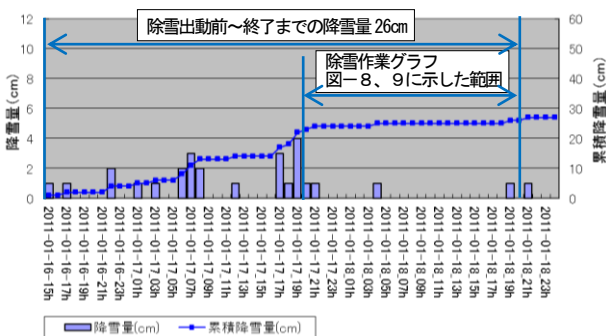


図-10 札幌市の降雪量 (2011年1月17~18日)

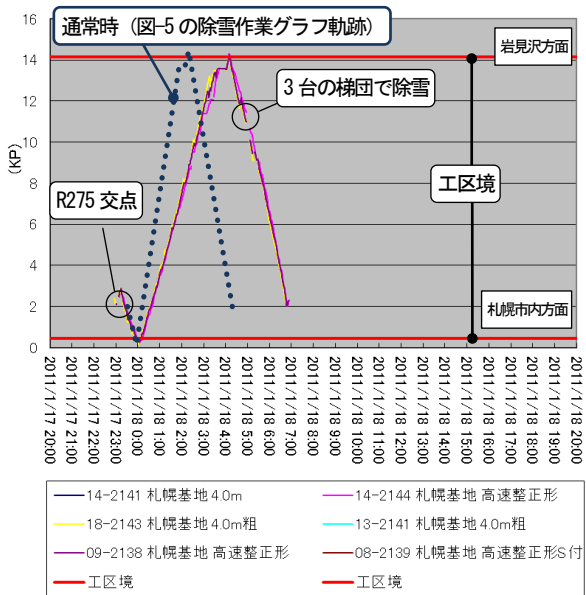


図-8 一般国道12号の除雪作業グラフ (豪雪時・2011年1月17~18日)

#### 4.2 除雪作業分析事例(2)

開発局が発注した岩見沢市の一般国道12号の除雪工事工区(図-11)の通常時と豪雪時の除雪作業状況の分析事例について説明する。

通常時の分析事例として、2010年2月21日の除雪作業グラフを図-12に、その時の降雪量を図-13に示す。

この日の除雪出動前から除雪終了までの降雪量は8cmであった。図-12の除雪作業グラフを分析すると、2月21日0時過ぎに3台の除雪車で除雪STを出動し、最初は札幌方面に向かい、その後担当工区の工区境で3回折り返す除雪ルートで除雪を行い、除雪STに戻ることが確認できた。また、異なる日の除雪作業でも除雪梯団や除雪作業ルートに大きな変化がなく、通常時の除雪作業形態は、ある程度パターン化されていることがわかった。



図-11 分析工区概要図（一般国道12号）

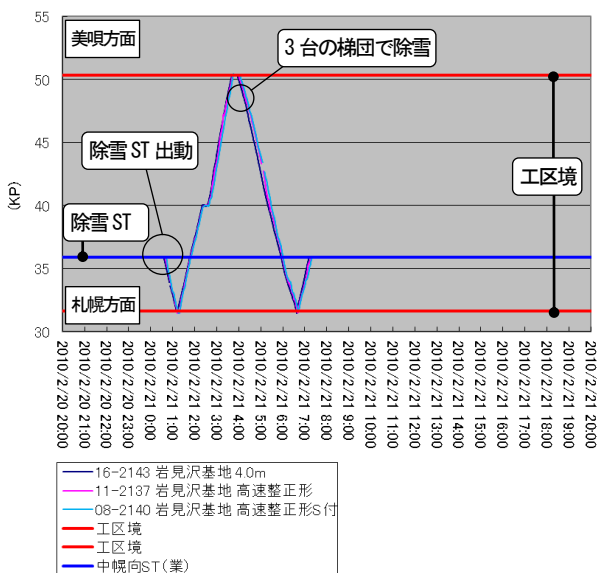


図-12 一般国道12号の除雪作業グラフ  
(通常時・2010年2月21日)

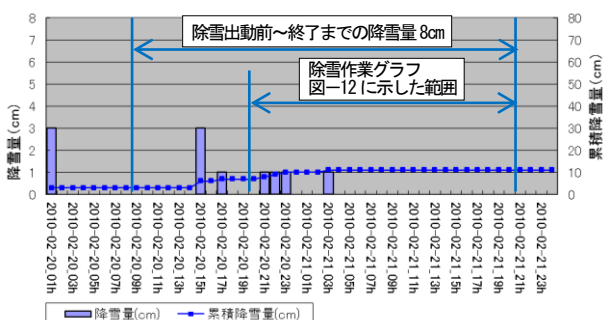


図-13 岩見沢市の降雪量（2010年2月20～21日）

豪雪時の分析事例として、2011年1月8～9日の除雪作業グラフを図-14に、その時の降雪量を図-15に示す。この日の除雪出動前から除雪終了までの降雪量は

62cm であり、通常時の8倍程度の降雪量であった。図-14に示す事例では、2011年1月9日0時頃に3台の除雪車で除雪STを出勤しているが、通常時の除雪ルートである札幌方面には1台の除雪車が向かい、残り2台の除雪車は美幌方面へ向かう梯団を分割した除雪作業が確認できた。その後はそれぞれの梯団が担当工区内（赤線内側）の除雪を行い、両梯団は8時頃に合流してその後の除雪は3台（通常時の梯団）で行っている。

分析結果から、豪雪時の除雪は降雪状況に応じて除雪梯団や除雪ルートを変更して除雪する場合があることがわかった。

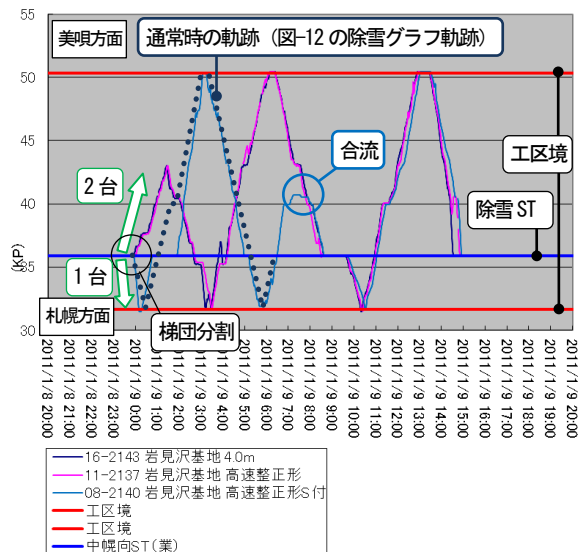


図-14 一般国道12号の除雪作業グラフ  
(豪雪時・2011年1月8～9日)

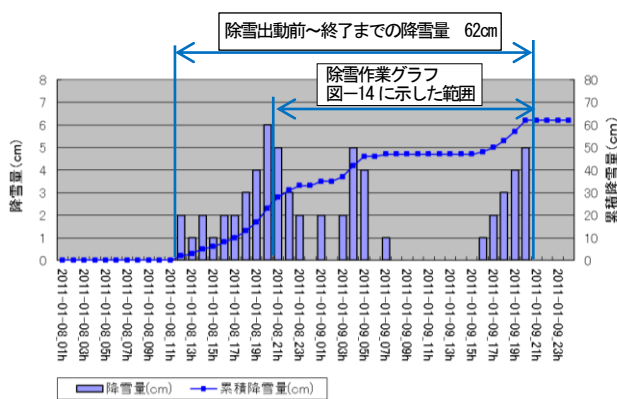


図-15 岩見沢市の降雪量（2011年1月9日）

このように除雪機械の稼働状況を可視化することにより、除雪梯団や除雪作業ルート等を詳細に確認でき、通常時は作業形態がある程度パターン化され、豪雪時は臨

機に変化させていることがわかった。今後は降雪量に応じた除雪梯団・除雪作業ルート の妥当性の検証など、さらに詳細な分析を行う予定である。

## 5. 除雪出動判断・除雪運用支援技術の検討

除雪を効率的に実施するためには、目標となる管理水準を前提に、気象状況に応じた最適な出動判断・運用を行う必要があるが、工区毎に経験に頼ってきた部分が多く、また運用実態も定量的に把握できていないのが実情である。

本研究では、除雪機械等情報管理システムに蓄積された除雪作業情報と気象情報の詳細な分析・評価により、人為的な判断のみによらない除雪出動判断・除雪運用支援技術を提案するものである。

### 5.1 除雪作業所要時間調査

最適な除雪出動タイミングの判断は、降雪量に応じた工区の除雪作業所要時間を把握し、出動時までの降雪量と今後の予想降雪量から除雪出動タイミングを判断する必要がある。そこで、除雪工区毎に通常時と豪雪時の除雪作業所要時間を調査した。なお、調査した除雪工区は、「4.1 除雪機械稼働情報の可視化による分析」で分析を行った工区と同一の札幌開建の10工区、網走開建の2工区とした。

調査した工区の通常時の除雪作業所要時間を「1」とした場合の豪雪時の所要時間との比率を図-16に示す。

その結果、豪雪時の除雪作業所要時間の増加率は、最大で2.76、最小で1.01、平均で1.56であることを数値的に確認した。しかし、増加率は各工区により違いがあることがわかったため、降雪量との相関関係や各工区 の特性（地形等）について、さらに詳細な分析を行う予定である。

## 6. まとめ

除雪作業効率の分析では、降雪量が10cm程度の通常時と降雪量が20cm程度以上の豪雪時の除雪機械稼働状況を調査し、その稼働状況を可視化（除雪作業グラフを作成）して各除雪工区の除雪作業状況の分析を行った。

その結果、通常時の除雪作業では、除雪梯団や除雪作業ルート等がほぼパターン化されていることがわかった。一方、豪雪時は除雪梯団や除雪作業ルート等を臨機に変化させて除雪していることがわかった。

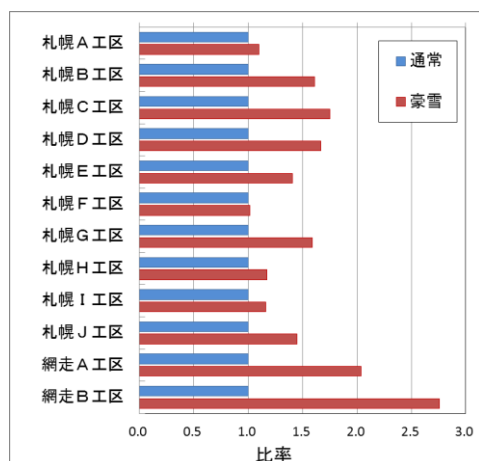
今後は除雪作業状況を詳細に分析して、降雪量に応じた除雪梯団や除雪作業ルート の妥当性の検証を行い、除雪作業効率の分析・評価技術の提案につなげていきたい。

除雪出動判断・除雪運用支援技術の検討では、各工区の除雪作業所要時間の調査を行い、通常時に対する豪雪時の増加率を数値的に確認した。その結果、各工区によって増加率に違いがあることがわかった。今後は、各工区の降雪量との相関関係等の詳細な分析を行い、除雪出動判断・運用支援技術の提案につなげていきたい。

## 参考文献

- 国土交通省：防災業務計画平成23年8月、P161  
<http://www.mlit.go.jp/saigai/gyoumukeikaku.html>
- 国土交通省北海道開発局：平成23年10月26日北海道開発局局長定例記者会見配布資料、今冬の除雪について  
<http://www.hkd.mlit.go.jp/kyokutyuu/h23/1026/01.pdf>
- 岸寛人、牧野正敏、佐々木憲弘：GPSを活用した除雪機械運用支援システムの開発、平成22年度建設施工と建設機械シンポジウム、2010年11月

図-16 分析工区と除雪作業所要時間



## STUDY ON TECHNOLOGY FOR EFFICIENT AND EFFECTIVE SNOW REMOVAL MANAGEMENT UTILIZING ICT

**Budgeted :** Grants for operating expenses General account

**Research Period :** FY2011-2015

**Research Team :** Machinery Technology Research Team

**Author :** YANAGISAWA Yuji

MAKINO Masatoshi

KOMIYAMA Kazushige

OGAMI Tetsuya

KISHI Norihito

**Abstract :** In cold snowy regions, snowfall and snow accumulation greatly affect the road traffic and therefore it is essential to ensure smooth road traffic for local residents. The purpose of this study is to propose a snow removal management technology utilizing ICT (Information Communication Technology) for efficient and effective snow removal operation. In order to develop this technology, we conduct sharing, accumulation and analysis of snow removal operation status and weather information.

In FY 2011, the snow removal machine operation status for normal snowfalls and heavy snowfalls was visualized for analysis. As a result, it was found that the snow removal echelons and the snow removal work routes are almost patterned for normal snowfalls and they are changed flexibly for heavy snowfalls. Also, the time required for snow removal at each work section was checked to numerically confirm increase rate of heavy snowfalls to normal snowfalls and it was found that there are differences in the increase rate among each work section.

**Key words :** snow removal machinery, management system, GPS, operational support, snow removal planning, ICT