

# 凍結防止剤最適自動散布システムによる冬期路面管理について

大廣 智則\*1, 高倉 清\*2, 斎藤 孝志\*3

## 1. はじめに

凍結防止剤の散布判断は、お客様の安全・安心な走行環境を確保するために安全側となる傾向が強い。一方、凍結防止剤最適自動散布システム（以下、「ISCOS<sup>1)</sup>」という）は、機械（路面状態判別システム（以下、「CAIS<sup>2)</sup>」という）が判断した路面判別結果に基づき凍結防止剤を自動散布するため定量的となる。また、凍結防止剤散布量を事前把握し、適量積み込み撒ききることによって散布車ホッパー内での撒き残りが固結する心配もない。

ISCOSの運用により、これまでの手法に比べ、安全性を低下させることなく凍結防止剤の散布量の削減が期待できる。

平成27年度冬期に世界で初めてCAISの実用化に成功した。5台の雪氷巡回車に搭載し運用を行った。また、ISCOSを11台の凍結防止剤散布車に搭載し運用を行った。本稿では、上述したシステムの運用結果を報告する。

## 2. ISCOSの概要

図1にISCOSの概要を示す。ISCOSは、CAISと凍結防止剤適量積み込み装置（以下、「DDホッパー」という）、凍結防止剤自動散布装置からなる。CAISを搭載した雪氷巡回車により、これまで人力判断では困難であった100m毎の路面状態を判別しWEB上にDBを構築する。地域指令台にて散布判断を行い、凍結防止剤の散布量は、WEB交信し事前に計算する。凍結防止剤倉庫では、DDホッパーにより0.1t単位で指令台からの指示に基づき凍結防止剤散布車に適量積み込む。凍結防止剤自動散布装置を搭載した凍結防止剤散布車による散布作業により、CAISで判別した路面状態に基づき高速道路のキロポストを基準に100m単位で凍結防止剤を自動散布する。

### 2.1 CAIS

CAISは、タイヤ内面に設置した加速度センサにより（図2）、タイヤ（加速度センサ）が道路に接地（道路を蹴り上げる状態）した際の振動波形を高速で計測し、その波形特徴を分類することで目視と同様の7つの路面状態（乾燥・半湿・湿潤・シャーベット・積雪・圧雪・凍結）に判別している。タイヤ振動は路面状態ごとに特徴的な波形を示す。例えば、乾燥路ではトレッドゴムが路面から拘束されるため、接地面における振動レベルが低い。凍結路では定常走行中でも微小なすべりが発生するため、接地面内に高周波振動が発生する（図3）。タイヤ内面に発電機を取り付け、タイヤの回転する動力で発電することが可能であり、路面状態の判別結果は道路画像とともにリアルタイムにWEBサーバに送信さ



図1 ISCOSの概要

れ、地域指令台などで閲覧することが可能である（図4）。雪氷巡回車にCAISを搭載することで、WEBサーバに100m毎の路面データベースが巡回とともに構築される。路面状態判別結果および走行画像は、GIS地図上にモニタリング表示するほか、路面ダイアグラムを自動作成し、路面状態をきめ細かく確認することができる（図5）。図6に雪氷巡回車へのCAIS搭載状況を示す。雪氷巡回車へ搭載したCAISは、エンジンONとともに自動起動し、エンジンOFFとともに自動シャットダウンするオートマチック仕様である。平成27年10月中旬に5台の雪氷巡回車に搭載した。巡回区間は、①銭函～札幌西IC、②札幌西～北広島IC、③北広島～新千歳空港IC、④札幌～岩見沢IC、⑤岩見沢～奈井江砂川ICである。

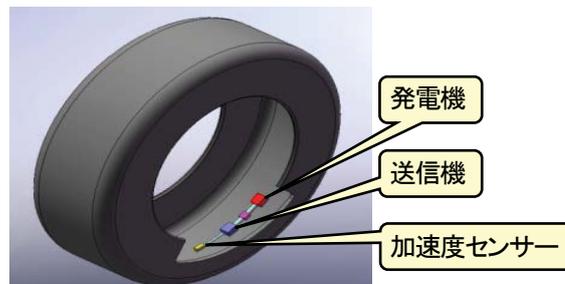
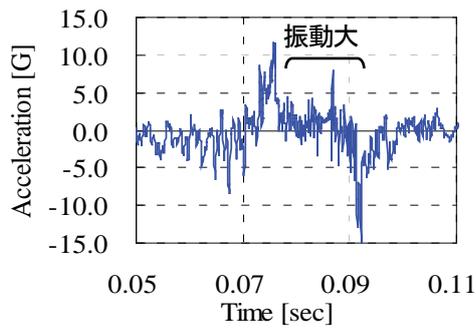
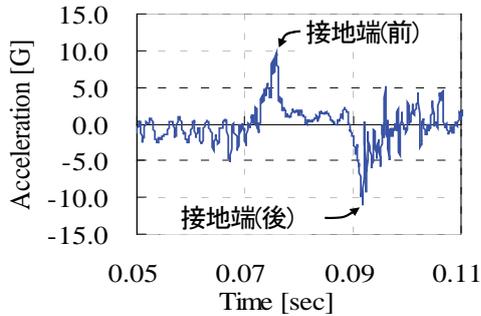


図2 CAISタイヤ内面

\*1 (株)初ス・エンジニアリング 北海道 \*2 (株)初ス・メンテナンス北海道 \*3 NEXCO東日本(株)



(b) 凍結路



(a) 乾燥路

図3 タイヤトレッド内面周方向波形例



図4 路面状態判別システム

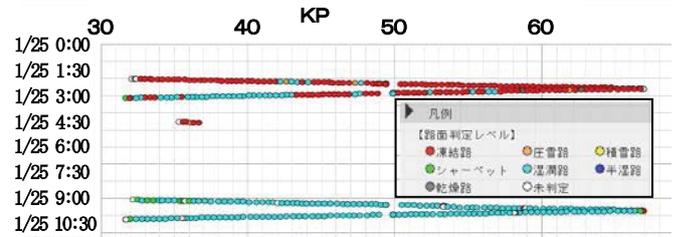


図5 路面ダイヤグラム

## 2.2 DDホッパー

図7にDD(Divide Device)ホッパーを示す。DDホッパーは、装置下端部に設けられたバルブがハンドルを回すことで開口する。トンパック(凍結防止剤が1t入った袋)の底部をカットして投入後、メモリを見ながら0.1t単位で積み込むことが可能な装置である。DDホッパーの構造は、頂部を下方に向けた円錐形状を有するホッパーと、このホッパーに收容された凍結防止剤の重量を示す目盛り部と、ホッパーの側面に設けられたハンドル操作に応じて下端部に設けられた排出口を開閉



図7 DDホッパー



(a) CAIS 搭載車両



(b) 制御装置



(c) アンテナ



(d) モニター

図6 雪氷巡回車へのCAIS搭載状況

するバタフライバルブからなる。DD ホッパーは、アングル材によって立方体状に組み立てられた枠体に固定されている。この枠体の下部には移動するために複数の車輪を設けている。

### 2.3 凍結防止剤自動散布装置

凍結防止剤自動散布装置は、CAISにより判別した路面状態に応じて凍結防止剤を自動で散布することが可能である。図8に凍結防止剤散布車へのISCOS搭載状況を示す。自動散布制御装置から凍結防止剤散布車へ直接信号を送り自動散布を行っている。手動操作では瞬時に変更することが難しい様々な散布条件を100m毎に変化させることが可能である。GPSにより現在位置を把握し、高速道路のキロポストを基準に100m単位で散布判断する。WEBサーバのデータベースに保存されたCAIS走行時の路面判別結果から自動散布を行う。なお、自動散布中も手動操作への切り替えは可能である。凍結防止剤散布車へ搭載したISCOSは、CAISと同様に、エンジンONとともに自動起動し、エンジンOFFとともに自動シャットダウンするオートマチック仕様である。平成27年10月中旬に11台の凍結防止剤散布車に搭載した。散布区間は、①小樽～銭函IC、②銭函～札幌西IC、③札幌西～伏古IC、④伏古～北広島IC、⑤北広島～新千歳空港IC、⑥札幌～江別西IC、⑦江別西～江別東IC、⑧江別東～岩見沢IC、⑨岩見沢～三笠IC、⑩三笠～美唄IC、⑪美唄～奈井江砂川ICである。

### 3. 運用方法

高速道路では、凍結防止剤の散布は湿塩散布（ウエットソル

ト）<sup>3)</sup>を実施している。湿塩散布は、固形剤と溶剤を混合して散布する方法であり、路面への付着効果が高く速効性・持続性があり、飛散しない効果が期待できる。自動散布時の散布量は、圧雪・凍結・シャーベット・湿潤・半湿はこれまで通りの20 g/m<sup>2</sup>、乾燥・積雪は散布無しとした。路面状態に対応した散布量を定義することで、CAIS搭載の雪氷巡回車走行後、凍結防止剤散布区間の路面状態から散布量を算出することができる。WEB環境であればアクセス可能であり、地域指令台にて事前に散布量を把握し、現場に適量積み込み指示をする。また、トンネル坑口は寒暖差や持ち込み雪などの影響で融雪により路面の残留塩分濃度が低下しやすいため、通常よりも散布量を多くする厚撒き機能を設けた。厚撒きすることで、効果の持続性を高め散布回数の減少に努めた。H27年度は、ISCOSの運用を5基地（銭函基地、札幌基地、千歳基地、江別西基地、岩見沢基地、美唄基地）で行った。ISCOSの運用期間は、平成27年11月25日～3月31日である。

### 4. 運用結果

図9にH27年度ISCOSの運用を行った5基地（銭函基地、札幌基地、江別西基地、岩見沢基地、美唄基地）の結果を凍結防止剤の削減量として示す。凍結防止剤の削減量は、まず、これまでの方法での散布量を記入し、次に、ISCOSによる散布量を記入し、その差分を累積することで求めた。その結果、期間内に削減した総量は685tであり、凍結防止剤の累計削減割合は7%であった。



(a) ISCOS 搭載車両



(b) 自動散布制御装置



(c) モニター



(d) GPS

図8 凍結防止剤散布車へのISCOSの搭載状況

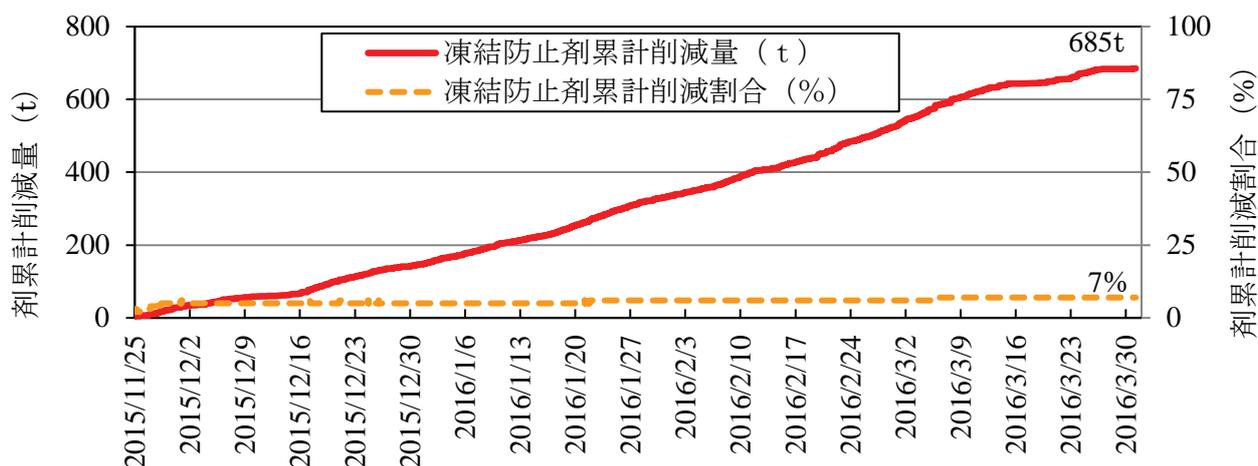


図9 H27年度 ISCOS の運用を行った5基地の結果（凍結防止剤の削減量）

### 5. まとめ

CAIS（タイヤ加速度波形の特徴から路面状態を判別するシステム）の実用化に成功し、5台の雪氷巡回車に搭載し運用を行った。また、ISCOS（凍結防止剤を路面状態に応じて自動散布するシステム）を開発し、11台の凍結防止剤散布車に搭載し運用を行った。その結果、凍結防止剤の散布量を685t、7%削減することができた。今後、現場におけるISCOS運用の習熟と、ISCOS運用箇所拡大により更なる削減が期待できるものと考えている。

### 参 照 文 献

- 1) Ohiro, T, et al, 2014 : EFFICIENT WINTER ROAD MANAGEMENT USING A CONTACT AREA INFORMATION SENSING (CAIS)-BASED ROAD SURFACE CONDITION JUDGMENT SYSTEM, PIARC, T5-5-205.
- 2) Morinaga, H, Hanatsuka, Y and Wakao, Y, 2010 : Sensing Technology Tire System Road Surface Condition Judgment, FISITA2010 Transactions, vol. F2010E010.
- 3) 財団法人高速道路技術センター, 2005 : 写真でみる雪氷管理, 25.

## 定置式凍結防止剤散布装置の効果検証

林 稔、大島 誠一 \*1

### 1. はじめに

道央自動車道登別室蘭インターチェンジ付近には雪氷Uターン路が無いため、現在、雪氷Uターン路の整備に向けて検討中であるが、雪氷Uターン路が整備されるまでの間、登別室蘭インターチェンジにおけるノーズ間の雪氷作業軽減のため、平成27年度の冬期間、登別室蘭インターチェンジ付近において定置式凍結防止剤散布装置を仮設して試行運用を行った。本稿は、定置式凍結防止剤散布装置の運用状況及び効果検証結果について取りまとめたものである。

### 2. 定置式凍結防止剤散布装置の概要

今回使用した定置式凍結防止剤散布装置は、酢酸カリウム溶液を散布するものであり、凝固温度が $-40^{\circ}\text{C}$ と低く、塩化ナトリウム溶液よりも約 $20^{\circ}\text{C}$ 低いため優れた凍結防止効果が期待できる。また、酢酸カリウム溶液は、塩化化合物を含まないため金属錆等の塩害も発生しないという特長がある一方、塩化ナトリウムに比べると高価なことから局所的な凍結対策に適していると言える。本現場と同様な定置式凍結防止剤散布装置の高速道路における設置事例としては、中央道、磐越道、東北道、関越道などに設置されており、トンネル坑口やインターチェンジランプなどの凍結対策、インターチェンジノーズ間の雪氷作業軽減対策として活用されている。弊社が管理する北海道内の高速道路においては設置事例が無かったが、今回、初めて道央自動車道登別室蘭インターチェンジの上り線側ノーズ間600mの凍結対策として冬期間試行運用したものである。散布装置は、図-1のとおり、噴射ノズルを2箇所に計4基設置し、噴射ノズルの上流側には車両センサーを配置して車両通過時は散布しない運用とした。



写真-1 定置式凍結防止剤散布装置と薬剤タンク



写真-2 車両センサー（2車線対応）



写真-3 凍結防止剤散布状況

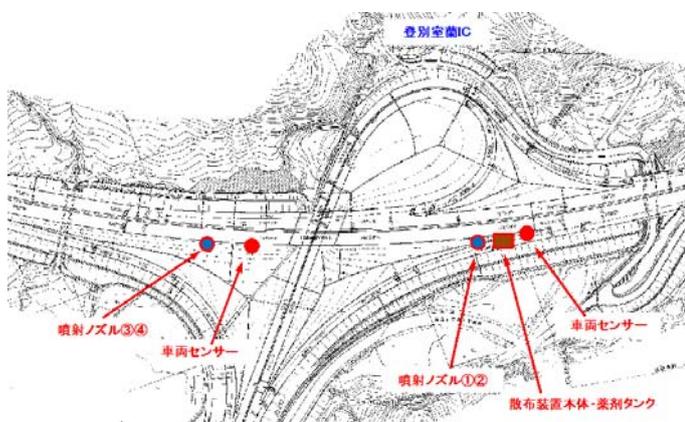


図-1 定置式凍結防止剤散布装置の配置 (H27)

\*1 東日本高速道路株式会社 北海道支社 苫小牧管理事務所

### 3. 運用状況

定置式凍結防止剤散布装置は、気温・路温設定による自動運転も可能ではあるが、凍結防止剤コストを抑えるため温度条件だけでなくCCTVカメラや雪氷巡回により確認を行い凍結防止剤散布が必要と判断された場合に遠隔操作により運転開始し、3時間後に自動停止するよう設定して運用した。凍結防止剤は、走行・追越の各車線ごとに各2箇所4基のノズルから散布し、1回あたり1.2秒間、30秒間隔で噴射するが、車両センサーが感知した際には停止するよう設定した。散布量は毎時6.5リットル/車線としたため、ノーズ間600mでは1回3時間あたり約78リットル散布した。平成27年度の冬期間全体では73日間で257時間運転し、凍結防止剤散布量は6030リットルであった。

### 4. 効果検証

降雪時における効果検証は、平成28年2月23日の降雪時に行った。降雪状況、散布装置稼働時間、効果検証時間は表-1のとおりであり、効果検証を開始したあたりから降雪強度が時間1cmから時間2cmに増加している。

時間(時)	降雪状況(cm)	装置稼働時間	効果検証時間
3	0	3:30	
4	1		
5	1		
6	1	6:30	
7	2		
8	2		
9	1		
10	0		

表-1 効果検証時の状況

各地点の状況写真を写真-4～写真-6に示す。

オフランプ入口は、定置式凍結防止剤散布装置による散布範囲外であり、塩化ナトリウムによる通常の凍結防止剤散布を行った地点である。走行車線は、散布完了から1時間後、通常の凍結防止剤散布により一定の効果見られシャーベットは残るもののアスファルト面が見えているが、追越車線は凍結防止剤による効果が見られない。

インター橋付近は、噴射ノズル①②から約200m離れた箇所にある。散布完了から1時間後、走行車線では酢酸カリウム溶液による凍結防止剤によりアスファルト路面が出ているが、追越車線は凍結防止剤による効果が見られない。

追越車線は交通量が少ないため、上記2地点とも車両による凍結防止剤の引きずり効果が発揮されなかったことを示している。

オフランプ入口 8:00



オフランプ入口 9:00



写真-4 オフランプ入口付近の状況

インター橋付近 8:00



インター橋付近 9:00



写真-5 インター橋付近の状況

噴射ノズル③④手前は、噴射ノズル①②から約300m離れた箇所でありノーズ間の中間部に位置する。散布完了から1時間後、走行車線では酢酸カリウム溶液による凍結防止剤によりアスファルト路面が出ており、シャーベットも僅かしかないが、追越車線は凍結防止剤による効果が見られず前記2地点と同様、車両による凍結防止剤の引きずり効果が発揮されなかったことを示している。

噴射ノズル③④手前 8:00



噴射ノズル③④手前 9:00



写真-6 噴射ノズル③④手前の状況

また、酢酸カリウム溶液による凍結防止剤の付着量について3月15日に測定した結果を表-3、表-4に示す。天候は晴れであり、降雪・降雨による影響は受けない状況で測定した。走行車線については、散布9時間後においても付着量の変化は少ないが、追越車線については、散布直後においても付着量が少ない結果となった。ここでも追越車線は、交通量が少ないことにより引きずり効果が発揮されなかったことが確認された。通行車両のうち追越車線を通行するものは表-2のとおり約12%であり、大部分の車両は走行車線を通行することから、走行車線については期待した効果が得られたが、交通量の少ない追越車線については課題が残る結果となった。

(単位:g/m<sup>2</sup>)

	インター橋付近		噴射ノズル③④手前	
	左	右	左	右
散布直後	1.13	3.37	0.89	0.97
散布9時間後	1.38	1.61	0.95	1.43

表-3 凍結防止剤の付着量測定結果(走行車線)

(単位:g/m<sup>2</sup>)

	インター橋付近		噴射ノズル③④手前	
	左	右	左	右
散布直後	0.53	0.4	0.71	0.44
散布9時間後	0.25	0.25	0.19	0.16

表-4 凍結防止剤の付着量測定結果(追越車線)

単位:台

測定時間	2016年3月15日				参考データ ※1
	走行	追越	合計	OFFランプ	
17:00~ 18:00	87	12	99	114	88
18:00~ 19:00	65	9	74	82	68
19:00~ 20:00	51	7	58	71	66
合計	203	28	231	267	222
3時間平均	68	9	77	89	74

表-2 車線別の交通量

### 5. 効果検証結果のまとめ

定置式凍結防止剤散布装置による凍結防止剤(酢酸カリウム溶液)散布について、効果検証結果をまとめると下記のとおりである。

- ①一定の交通量がある走行車線は、噴射ノズルから約300m離れた位置においてもアスファルト路面が出ており、凍結防止効果が発揮されている。よって、走行車線については、噴射ノズル2箇所にてノーズ間600mの凍結対策をカバーできることが確認された。
- ②交通量が少ない追越車線については、通行車両による凍結防止剤の引きずり効果が発揮されないことから十分な凍結防止効果を得られなかった。
- ③上記のことから、交通量が少ない追越車線も含めた凍結防止対策を考える場合、対象範囲をもっと絞った方が良いと思われる。

### 6. 今後の対応

今回の検証結果を踏まえ、平成28年度の冬期間について

は、トンネル坑口部のスポット的な凍結対策として定置式凍結防止剤散布装置を移設して活用する予定である。当該箇所は、図-2のとおりトンネル坑口部に橋梁部が隣接していることに加え、縦断勾配も土工部から橋梁部に向けて0.35%の下り勾配となっているため、凍結時にスピード超過による事故が起き易い箇所となっている。そのため、橋梁部からトンネル坑口まで約120m区間のスポット的な事故防止対策として定置式凍結防止剤散布装置を運用する予定である。

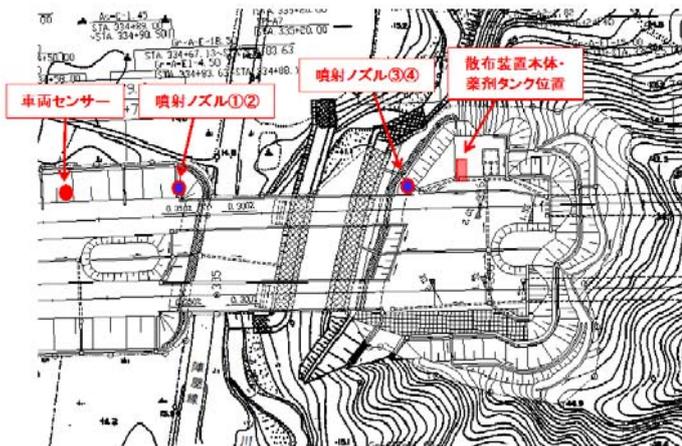


図-2 定置式凍結防止剤散布装置の配置 (H28)



写真-7 トンネル坑口付近の状況

## 6. 最後に

弊社では冬期においても安全な高速道路を確保し、お客様に安心してご利用いただけるよう雪氷対策を行っており、より効率的・効果的な雪氷対策を目指し、定置式凍結防止剤散布装置を試行運用して一定の効果を確認したが同時に課題も明らかになった。そのため平成28年度冬期については定置式凍結防止剤散布装置を移設して運用し、改めて効果検証を行う予定である。

また、本稿を取りまとめるにあたり、資料をご提供頂いた北海道日油株式会社の大野様に心より感謝申し上げます。

# 高速道路におけるパワー除雪の効果 Powerful snow removal operation in the expressway

上杉隆則\*1

## 1. はじめに

東日本高速道路（株）北海道支社岩見沢管理事務所（以下、当社という。）は、道央自動車道 札幌IC～奈井江砂川IC間の66.7kmを維持・管理している。当該区間は、石狩湾特有の冬型気圧配置がもたらす強雪により、道内でも有数の豪雪地帯を通過する高速道路である。短時間に視程不良を伴うため、全国でも群を抜く通行止めが当該区間において発生していた。本報告では、通行止めを削減するため、様々な対応と改善結果を報告する。

## 2. 気象特性及び除雪体制の課題

### (1) 冬期の気象特性

冬型気圧配置の偏西風による筋状雲が、日本海暖流の豊富にある水蒸気を吸収し雪雲になり、石狩湾付近で急速に発達する「石狩湾小低気圧」。

大陸から吹き出す季節風がロシア沿海州のシホテアリニ山脈にぶつかり、山を避けるような形で分流が発生。分流された季節風は、石狩湾の南北に位置する標高1000m級の山岳の影響を受け、石狩湾付近へと流れ込むことで、幅5~30kmの帯状の雪雲となり、急速に発達し管内を上下に移動する「石狩湾収束線」。(図-1)

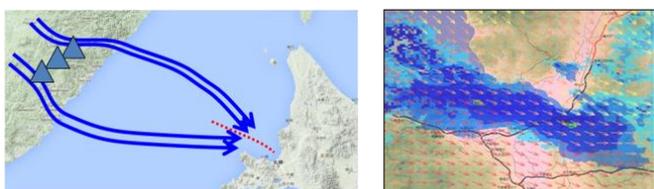


図-1 石狩湾収束線の発生要因とそのレーダー画像

管内では、これらの気象特性が、ひとたび発生すれば、短時間強雪による視程不良、除雪不足による通行止めが発生していた。

### (2) 除雪体制

当社の除雪体制は、除雪トラック3台と標識車を1班とした6班の除雪体制を構築しており、6 IC間の上下線の除雪を各1班毎に除雪を実施する体制である。平均除雪区間延長は、約11km。ランプ・PA等の除雪を含め1周2時間程度要する。さらに拡幅除雪に1~2時間を必要となる。前述の気象特性などにより、5cm/hr以上の降雪が継続すると、路面積雪速度に除雪が追いつかない状況に加え、路肩堆雪が限界となり除雪した雪が車線に跳ね返る事象が生じ、長時間の通行止めと交

通事故誘発の原因となっていた。(写真-1)



写真-1 路肩の堆雪状況と合同巡回による幅員確認状況

### (3) 課題の整理

以上を踏まえ、雪に強い高速道路を目指し、解決すべき主要な課題を整理する。

課題①石狩湾収束線の移動に対応できる除雪体制の構築

課題②路肩の堆雪を増大させない除雪方法

課題③石狩湾収束線の移動を把握する気象予測支援

## 3. 冬期の交通確保対策と取組み

管内の気象特性と除雪体制による課題から、吹雪や強雪の視程障害により通行止めが生じても、天候回復に向け迅速に解除できる体制の構築により、交通事故と通行止め量の減少に効果を発揮する取組は次のとおりである。

課題①の改善策として、既設3雪氷基地(江別西IC、岩見沢IC、美唄IC)の中間(江別東IC、三笠IC)に仮設の雪氷基地を増設し、全てのICを雪氷基地とすることを可能とした。これにより、石狩湾収束線の移動に応じて、除雪機械の配置も随時移動し、除雪体制を手厚くする体制を構築した。本来、1つの雪氷基地に除雪体制2班を配置していたところを除雪体制を仮設基地にも分散して配置していることから、基地分散化と呼んでいる。(図-2)

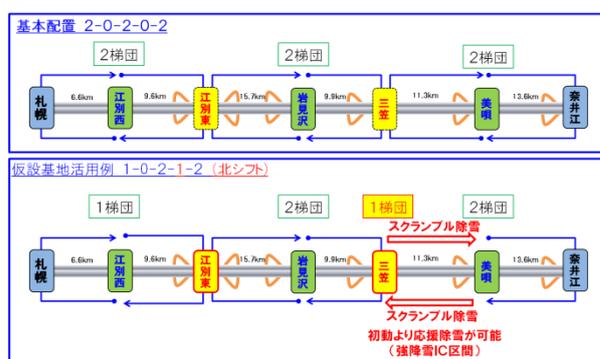


図-2 基地分散化の状況

\*1 東日本高速道路株式会社北海道支社岩見沢管理事務所

課題②の改善策として、除雪能力を超える豪雪地域は、2班同時に上下線を除雪する「さし除雪」と呼ばれる除雪体制を構築している。これにより除雪能力を超えないうちに除雪を完了できる。しかし、当社が管理する区間では、恒常的に「さし除雪」を行うだけの除雪車の配備が難しかった。そこで、予備車を利用し、通常1班4台編成である一般除雪に追加編入し、1班5台編成の除雪体制を構築した。除雪車の配置は図3の右上に図示したとおりで、この編成を「パワー除雪」と呼称している。これにより、1台目の除雪トラックが路肩の除雪量を低減させるため、確実に路肩を拡幅することができる。パワー除雪は、従来一般除雪の後に実施していた拡幅除雪を兼ねることができ、一連の除雪作業の時間短縮に寄与している。(図-3)



図-3 一般・拡幅除雪とパワー除雪

課題③の改善策として、除雪作業支援コンテンツ（以下、「SIGN」という。）を導入した。SIGN（図-4）はこれまで、複数画面で確認していた風・降雪量の気象情報の一元監視を可能とし、目先3時間先までの予測降雪量をリアルタイムに算出。これにより、除雪開始のタイミングや通行止め解除見込みなどの目先に対する支援を実現している。

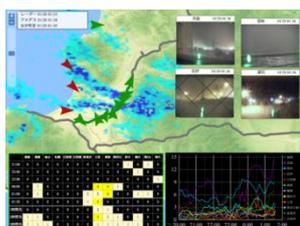


図-4 SIGN

#### 4. 改善策の取組成果

本年の取組で最も効果的と思えるものは、パワー除雪ではないかと考える。その成果は1回あたりの平均通行止め解除時間で、説明ができる。

H26年度とH27年度の平均通行止解除時間を図-5で比較する。H26年度の通行止め回数は16回、H27年度は22回。通行止め解除平均時間は、7:11と3:52とH27年度は平均時間において、およそ半分となっている。

パワー除雪の回数は、H26年度40回。H27年度は146回と3倍近く実施しており、通行止め内作業では、確実にパワー除雪を実施していたためと考える。

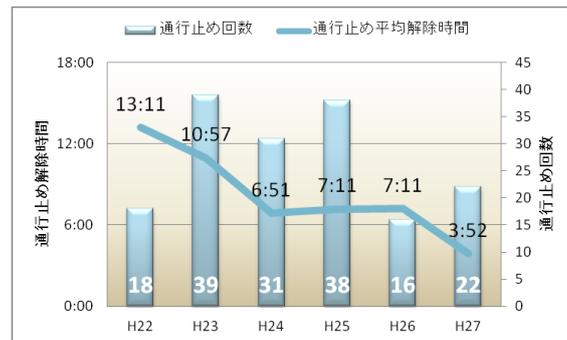


図-5 通行止め時間と回数

H27年度は、岩見沢より北側の区間では5割増で降雪が集中したが、岩見沢より南側の区間の降雪量が、小雪であったH26年度と同程度であったことで、北側の基地に除雪体制をシフトし、仮設基地の活用により、両側の基地に除雪車を配置できたため、除雪能力を2倍にする「さし除雪」が実施できたことも貢献している。従来は、隣接の除雪範囲への除雪が、除雪範囲を基地毎に限定していたため、除雪範囲を超えた除雪ができなかった。しかし、作業者とのコミュニケーションを重ね、仮設基地の活用、基地分散化の取組が達成できている。

SIGNは、風上の気象把握から降雪を予測するロジックである。時々気圧配置により予測精度に波はあるが、気象予測会社との連携により、更に良いものとなるよう改良を加えていきたい。

#### 5. おわりに

岩見沢市内のイベント時にいただいたアンケート調査（図-6）では、2年続けて前年に比べ通行止め回数や時間が減少し改善されたと評価をいただいている。これは一重に岩見沢グループ全体で、通行止めにさせないという意気込みが、社会的信頼性向上につながっているものと自負している。

これに奢ることなく、冬期の通行止めと交通事故削減を推進していく。

#### 高速道路利用目的別の通行止め時間の比較

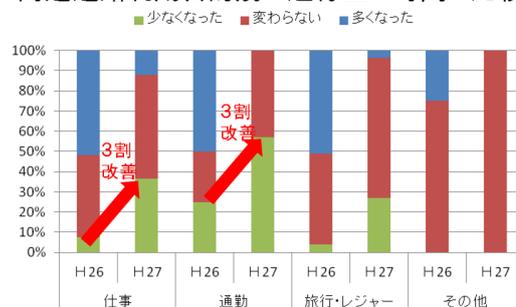


図-6 アンケート集計結果

# 路面状態を元にした雪氷路面管理水準の検討

吉本 享、後藤 研\*1 伊藤 淳之介\*2

## 1. はじめに

東日本高速道路(株)新潟支社（以下、新潟支社）の管理する高速道路は、冬季において全国でも有数の豪雪地帯や低温となる区間を抱えているため、その管理技術は高いレベルを求められる。新潟支社では(株)ウェザーニューズ（以下、WNI）の道路気象予測に基づき雪氷体制の構築を行い、実際の気象状況・交通状況に応じて雪氷対策作業を行っている。

しかしながら、現状の作業判断にあたっては雪氷従事者の知識と経験による所が大きく、判断の個人差が出ることや、雪氷従事者の高齢化により、その技術伝承に課題がある。

この課題を解決するため、新潟支社とWNIでは平成22年度冬季より、路面状態を元にした路面管理水準の検討を行っている。本報文では、この取り組みの目指すべきゴールと現状の進捗について報告する。

## 2. 本取り組みの狙い

本取り組みでは、路面状況を7分類（乾燥、湿潤、黒シャーベット、白シャーベット、圧雪、積雪、凍結）し、各路面状態における事故発生状況・通行止め発生状況を分析しリスクを定量化する事で適切な管理水準を検討していく。さらに、各路面状態と気象条件の関係を分析する事で、気象予測を元にした適切な雪氷作業を行う事を最終目的とする。ここで言う適切な雪氷作業とは、安全かつ快適な路面状態を確保する事のみならず、新潟支社の持つ雪氷対策能力の限界点を明確化する事で、事故が発生する前に通行止めとする判断も含む。

## 3. 路面状態の観測

冬季路面の出現形態を明確化するに、平成27年度現在新潟支社管内の11箇所WEBカメラを設置し（図1）、12月16日～3月15日の期間、20分毎に路面を撮影した画像を図2の判定フローに従って7分類しデータベース化している。



図-1 WEBカメラ設置箇所

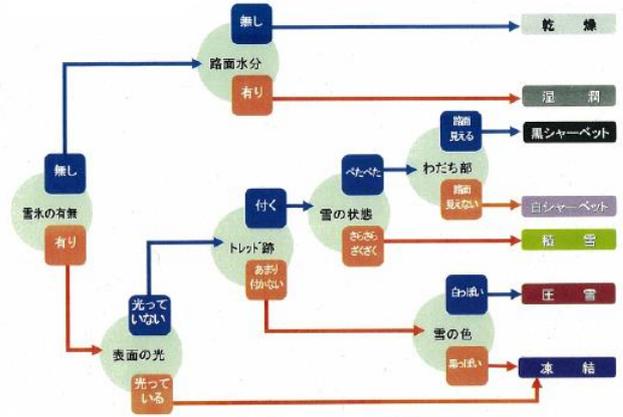


図-2 路面状態判別方法



図-3 各路面状態のサンプル画像

## 4. 具体的事例と気象状況、路面状態

2016年1月24日～25日にかけて、新潟支社管内は上空5,500mに約-42℃という強い寒気が入り込み平野部を中心に豪雪となり、大規模な通行止めが発生した。三条燕ICの時間降雪量、累計降雪量、路面状態の時系列を表-1に示す。通行止めは1月24日12時20分～1月25日7時00分まで続いた（表-1黄色部分の時間帯）。新潟支社の持つ自動積雪深計では時間降雪量9.9cm、累計降雪量61.4cmを記録した。路面状態は時間降雪量9.5cmを記録した1月24日8時から圧雪状態へ変化し、通行止めが発生する12時まで続いた。

日	時間	時間降雪量 (cm)	累積降雪量 (cm)	路面状態	日	時間	時間降雪量 (cm)	累積降雪量 (cm)	路面状態
1月24日	6:00	0	2.2	黒シャーベット	1月25日	22:00	3.9	58.8	積雪
	7:00	5.3	7.5	白シャーベット		23:00	0.6	59.4	積雪
	8:00	9.5	17	圧雪		0:00	2	61.4	積雪
	9:00	9.9	26.9	圧雪		1:00	0	61.4	積雪
	10:00	0	26.9	圧雪		2:00	0	61.4	積雪
	11:00	0	26.9	圧雪		3:00	0	61.4	積雪
	12:00	4.4	31.3	圧雪		4:00	0	61.4	積雪
	13:00	3.4	34.7	圧雪		5:00	0	61.4	積雪
	14:00	1.3	36	積雪		6:00	0	61.4	積雪
	15:00	5.3	41.3	積雪		7:00	0	61.4	積雪
	16:00	0	41.3	積雪		8:00	0	61.4	積雪
17:00	0	41.3	積雪	9:00	0	61.4	積雪		
18:00	1	42.3	積雪	10:00	0	61.4	積雪		
19:00	5.9	48.2	積雪	11:00	0	61.4	黒シャーベット		
20:00	0.9	49.1	積雪	12:00	0	61.4	黒シャーベット		
21:00	5.8	54.9	積雪	13:00	0	61.4	湿潤		

表-1 1月24日～1月25日の時間・累積降雪量と路面状態

\*1 (株)ウェザーニューズ道路気象コンテンツサービスチーム

\*2 東日本高速道路(株)新潟支社 保全課

## 5. 気象状況と路面状態の関係性の分析進捗

平成27年度冬季における各路面状態と気象状況との関係を分析した結果を図-4～図-6及び表-2～表-4に示す。気象データはWEBカメラ設置地点の近くで観測している新潟支社の持つ気温、路温、降水量、風速を用いた。なお、設置箇所（日東道（下）41.4kp付近）においては、最寄りの気象観測局は胎内川橋であるが、雨量計がないため、降水量のみ見透川橋の観測値を使用した。

### 5-1. 路面状態と気温との関係

乾燥・湿潤よりも、黒シャーベット・白シャーベット、圧雪・積雪・凍結路面になるほど、出現する気温は低くなる傾向があり、平均値ではマイナスとなった。また、黒シャーベット路面の最高値がかなり高くなっており、出現する気温のばらつきが大きくなった。

乾燥路面の判別については、時間降水量があるにも関わらず、乾燥と判別している事例がある。これは、カメラ画像判定時の判別違いの可能性がある。特に夜間は乾燥と湿潤がいずれも黒い画像になっていることが判別を難しくしており、判別方法に課題がある。

湿潤路面については、時間降水量を観測している場合は気温がプラスで出現した事例が多くみられた。これらは降水相が雨であったと考えられる。また、時間降水量を観測していない場合は気温がマイナスの事例が多くみられた。これらの事例は降水相が雪であったと推定されるが、路面に積雪するほどの降雪強度がなかった、路温が高い状態のため路面に積雪しなかったと考えられる。

黒シャーベット・白シャーベット・圧雪路面は気温がプラスの場合にも出現している事例がある。これは、地上気温が1～2℃程度でも降水が強まると雨ではなく雪になることがあり、その雪がシャーベット状に積雪したものと考えられる。

### 5-2. 路面状態と路温との関係

乾燥・湿潤よりも、黒シャーベット・白シャーベットや圧雪・凍結になるほど、出現する路温は低くなる傾向がある。気温と比較すると、黒シャーベット・白シャーベット・圧雪路面の平均値の差は小さく、積雪後の路温変化は小さい。

湿潤路面については、時間降水量を観測している場合は多くは路温がプラス時に出現している。これは降水が雨のために路温が低下しなかったか、高い路温の時から降雪となりマイナスになることがなかったためと考えられる。

黒シャーベット・白シャーベット・圧雪・積雪路面は乾燥・湿潤路面と比較すると低い路温で出現した事例が多く、平均値もマイナスとなった。また、気温と比較すると、黒シャーベット・白シャーベット・圧雪・積雪路面の平均値の差は小さくなっている。気温の差は0.5～1℃前後あるのに対し、路温の差は0.1～0.3℃程度となっている。積雪後の路温変化が小さいことの表れである。

### 5-3. 路面状態と風速との関係

風速の関係をみると、どの風速においても各種の路面状態が発生している。平均値はいずれの路面状態でも2.0～3.0m/s程度となっており、路面状態と風速に明確な関係性は考えにくい。

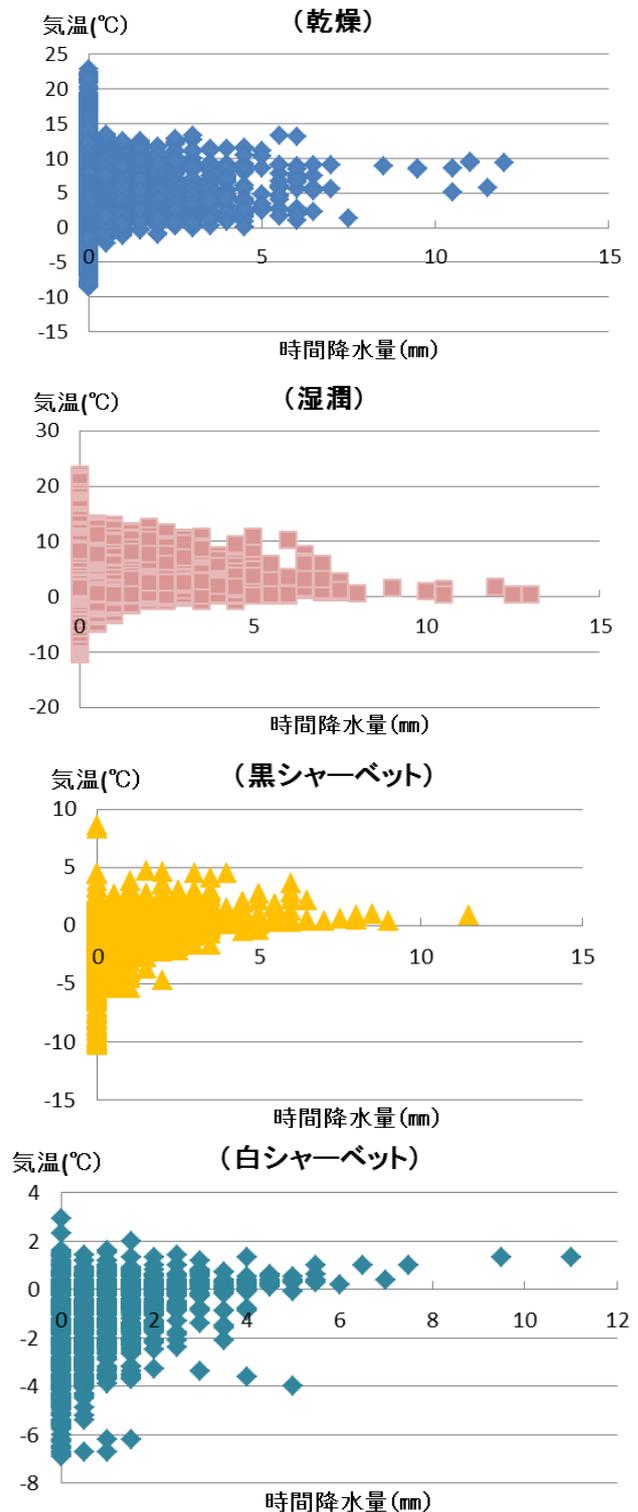


図-4 全地点の路面状態別の時間降水量と気温との関係

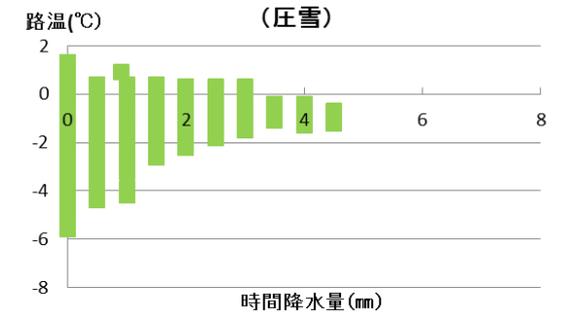
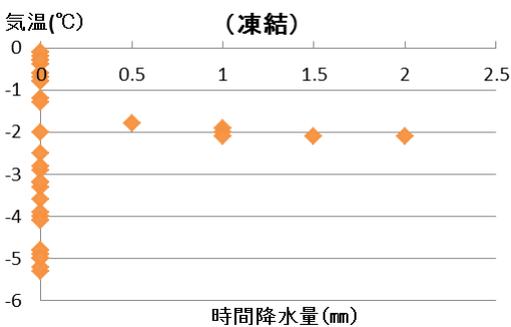
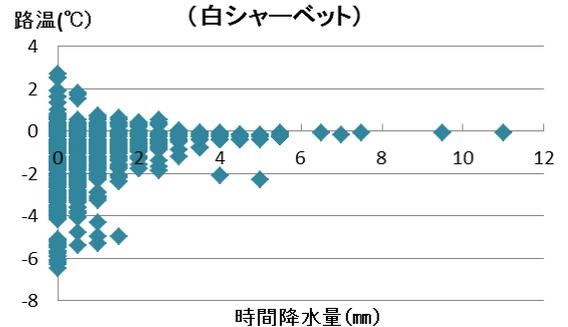
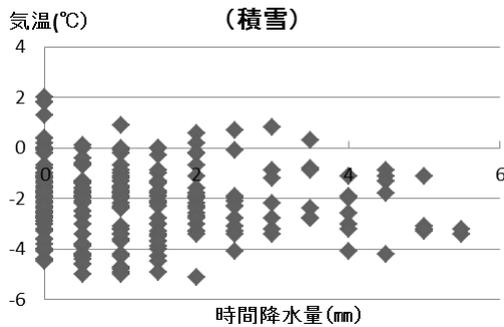
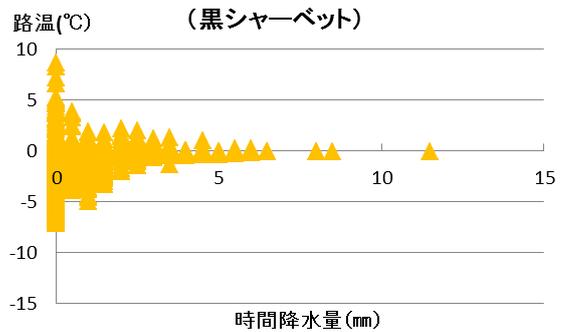
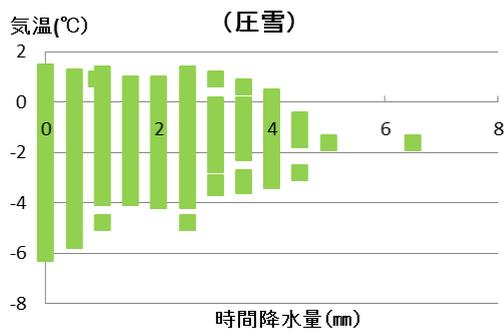


図-4 全地点の路面状態別の時間降水量と気温との関係

気温(°C)	乾燥	湿潤	黒シャーベット	白シャーベット	圧雪	積雪	凍結
最高値	22.8	22.1	8.6	2.9	1.2	2.0	-0.1
平均	4.2	1.5	-0.8	-1.3	-1.8	-2.1	-2.4
最低値	-8.5	-10.3	-10.3	-6.9	-6	-5.1	-5.3

表-2 全地点における路面状態別の気温極値

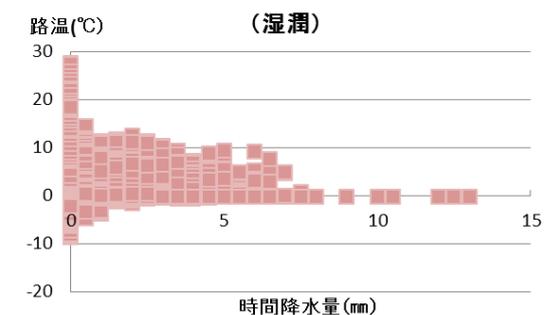
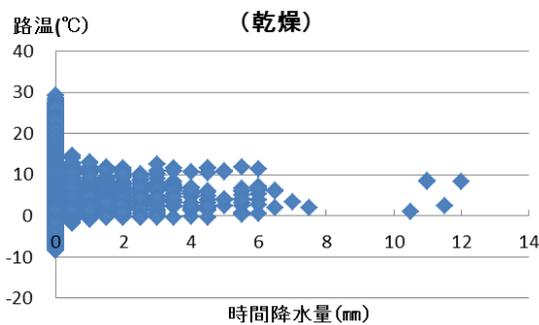
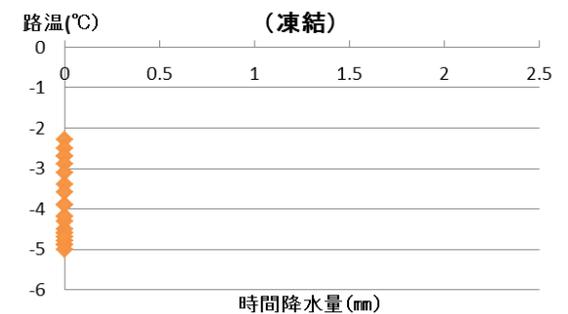
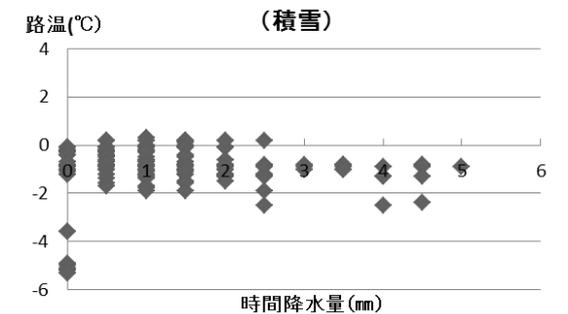


図-5 全地点の路面状態別の時間降水量と路温との関係

路温(°C)	乾燥	湿潤	黒シャーベット	白シャーベット	圧雪	積雪	凍結
最高値	29.3	27.6	8.6	2.7	1.3	0.3	-2.3
平均	5.2	2.0	-1.0	-1.1	-1.1	-0.8	-3.9
最低値	-8.5	-8.5	-7.1	-6.5	-5.6	-5.3	-5

表-3 全地点における路面状態別の路温極値

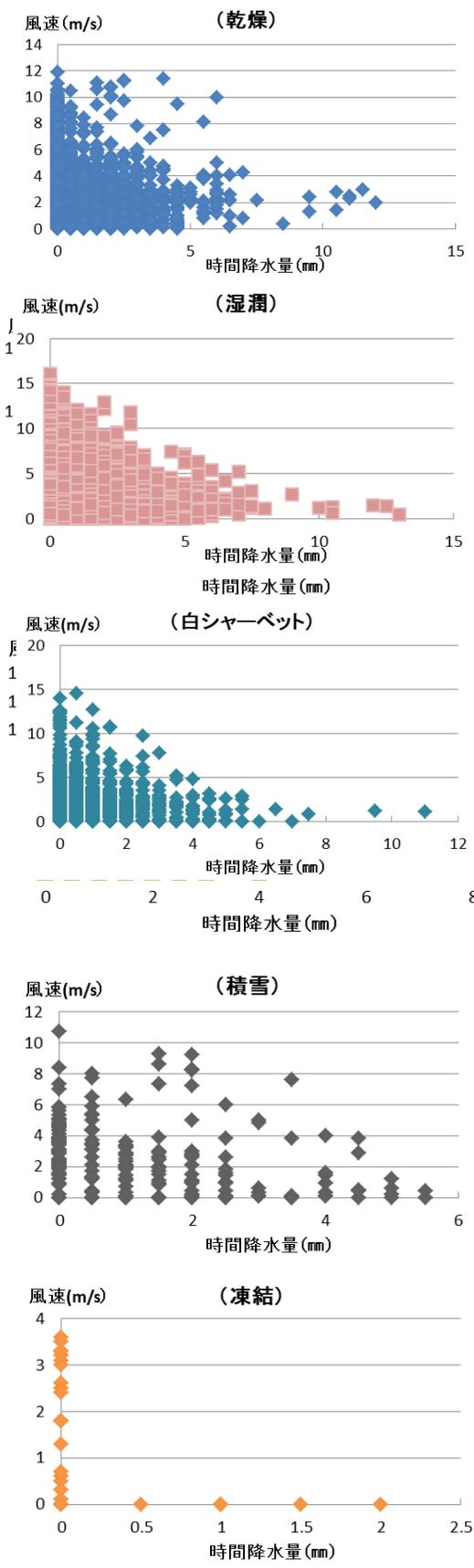


図-6 全地点の路面状態別の時間降水量と風速との関係

風速(m/s)	乾燥	湿潤	黒シャーベット	白シャーベット	圧雪	積雪	凍結
最高値	11.9	16.1	13.7	14.5	12.4	10.7	3.6
平均	1.8	2.0	1.9	2.0	2.4	2.1	1.1
最低値	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

表-2 全地点における路面状態別の風速極値

6. 課題抽出と考察

路面状態の判定においては以下の課題が挙げられる。

1) 判定方法

特に夜間の判定において連続性に欠けるデータが多く見られたため、夜間の画像判定方法の見直しや使用するデータの時間帯を限定する等の見直しが必要である。

2) 気象状況との分析方法

各路面状態が発生する気象条件は気温、路温、降水量、風速条件が複合的に関係している可能性があるため、各気象要素毎に分析するのではなく、重回帰分析を行う等分析方法の見直しが必要である。

3) 外的要因の加味

実際の路面状態は交通量や雪氷作業（散布、除雪等）により大きく変化する。分析に使用する路面状態データは交通量の多少や雪氷作業の前後によって場合分けする等の見直しが必要である。

7. 今後の展望、計画

現状では各路面状態と気象状況との関係を各気象要素毎に分析する事までは実施した。今後路面管理水準を定量化するために以下のステップを踏んで分析を行っていく。

1) 外的要因を考慮した路面状態と気象データとの関係分析

路面状態の判定を交通量データ（区間、通過台数、計測期間）と雪氷作業情報（作業時刻、作業区間、作業内容（散布、除雪等））によって場合分けし、路面状態と気象データとの関係の分析を行う。

2) 事故リスクの定量化

各路面状態と事故データ（発生場所、発生時刻、事象（スリップ、スタック等））との関係を分析し、各路面状態における事故発生率と発生しやすい事故事象を整理する。

3) 路面管理水準の定量化

路面管理水準は体制基準のみならず、除雪能力の限界点を明確化する事で、除雪体制の見直しなどに今後活用する予定である。

4) 気象予測を元にした路面状態予測による雪氷対策

各路面状態と気象要素との関係性から、気象予測を元にした路面状態予測により雪氷対策判断を行う。

# 凍結防止剤散布の影響による橋梁排水管腐食に対する取組み

桜庭 拓也\*1 梶山 俊一郎\*1 吉井 等志\*1

## 1. はじめに

北海道支社管内の橋梁排水管については、凍結による排水管破損対策として、鋼管を用いていた。しかし、平成2年以降のスパイクタイヤ規制に伴う凍結防止剤の散布量の増加等により、管本体（鋼管）の腐食及び腐食孔からの漏水の発生等、排水管としての機能が低下している状況にある。このため、平成21年度以降、腐食劣化が進行した排水管について、初期劣化を対象とした応急補修並びに鋼管に替わる耐食性、耐圧性に優れた材料による取替補修を試行している。

本稿では、平成26年度に実施した橋梁排水管補修の実態調査を基に、橋梁排水管補修の試行状況及び調査結果を踏まえた今後の方針について報告する。



写真-1 排水管の劣化状況

## 2. 橋梁排水管補修の試行

### 2. 1 応急補修の事例

鋼管本体に初期腐食及び一部に腐食孔が発生した場合における応急補修方法の事例を、表-1に示す。

表-1 応急補修方法の事例

種別	補修前	補修後	備考(材料)
防食シート			酸化重合型防食テープ
FRPシート			紫外線硬化型FRPシート
インナーパイプ			高密度ポリエチレン管 (内面平滑外面塗付)

### 2. 2 取替補修の事例

排水管機能が低下した鋼管に替わる耐食性、耐圧性に優れた各種材料による取替補修方法の事例を、表-2に示す。

表-2 取替補修方法の事例

種別	施工箇所		
	上部工	下部工	
高密度ポリエチレン管(Ⅰ型) 【継手・分割式】			
高密度ポリエチレン管(Ⅰ型) 【継手・ソケット式】			
高密度ポリエチレン管(Ⅱ型) 【継手・電気融着式】			
FRP管 【継手・ソケット式】			
管本体の接続方法	高密度ポリエチレン管(Ⅰ型) 分割式	高密度ポリエチレン管(Ⅰ型) ソケット式	高密度ポリエチレン管(Ⅱ型) 電気融着式

## 3. 調査結果

### 3. 1 応急補修の試行状況

#### 3. 1. 1 事務所別の状況 (図-1)

札幌(管)は塗布塗装、はく落対策工事伴う足場工を活用した防食テープとFRPシートが主体であった。

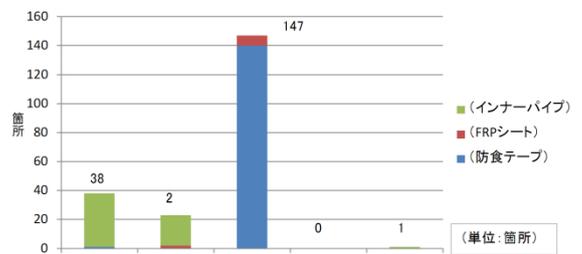


図-1

#### 3. 1. 2 施工年度別の状況 (図-2)

平成23年度から試行開始している。

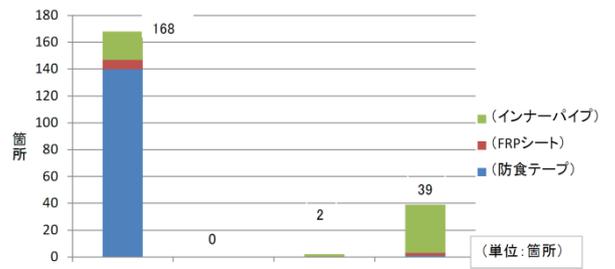


図-2

### 3. 2 取替補修の試行状況

#### 3. 2. 1 上部工排水管補修の種別 (図-3)

平成26年度末現在の施工延長は約2,600mで、高密度ポ

ポリエチレン管（I型）が主体であった。

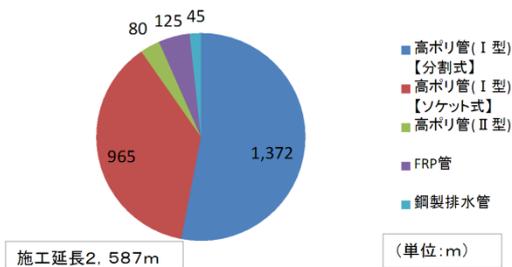


図-3

### 3. 2. 2 下部工排水管補修の種別 (図-4)

平成26年度末現在の施工延長は約3,700mで、全て高密度ポリエチレン管（I型）【分割式】であった。

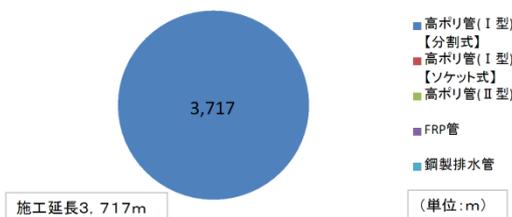


図-4

### 3. 2. 3 事務所別の状況 (図-5・6)

上部工は平成22年度、下部工は平成21年度から試行開始しており、上部工については、苫小牧（管）は高密度ポリエチレン管（I型）【ソケット式】、岩見沢（管）と旭川（管）は同【分割式】が主体であった。

下部工については、岩見沢（管）の施工量が多く、また、平成26年度以降は室蘭（管）と旭川（管）が試行を開始している。

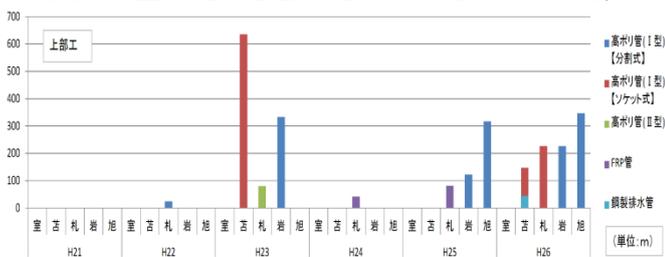


図-5

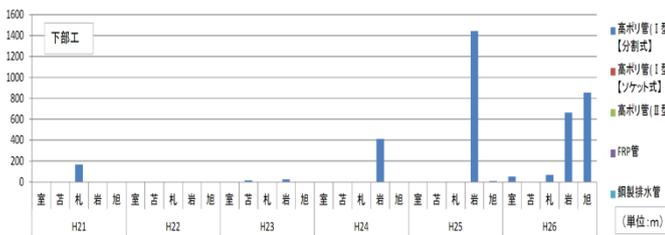


図-6

### 3. 2. 4 取替補修後における変状の発生状況

[上部工の変状] (表-3・図-7)

- 横引き管継手部から漏水が発生。

- 高密度ポリエチレン管（I型）【分割式】の漏水発生箇所は管本体と付属品との接続部。
- 高密度ポリエチレン管（I型）【ソケット式】の漏水発生箇所は管本体の接続部。

写真-3 漏水の発生箇所

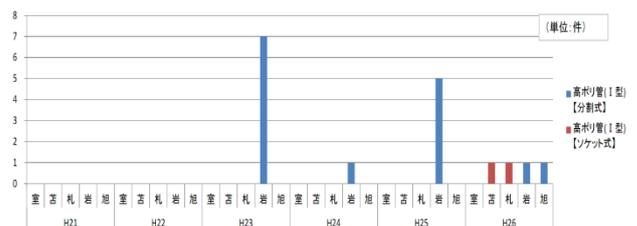


図-7

[下部工の変状] (図-8)

- 鉛直管継手部から漏水が発生。
- 漏水発生箇所は、横引き管と同様に管本体と付属品との接続部。
- 平成26年度から、より柔軟性の高い材料に変更し、付属品との接続を廃止する見直しを行い、漏水発生削減に取り組んでいる。

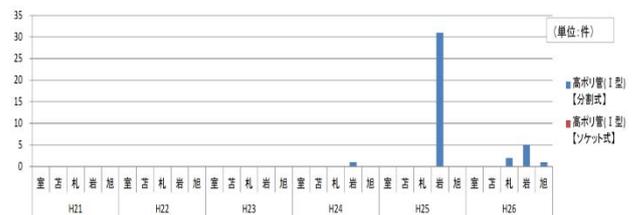


図-8

## 4. 今後の対応について

以上の試行状況を取りまとめ、橋梁排水管の補修マニュアルを作成した。マニュアルでは、**応急補修**については、試行3年経過後も補修箇所劣化の進行は無く、機能が十分確保されていることから、試行のとおり継続することとした。

取替補修については、継手部を設ける位置や排水勾配の留意事項を記載した。ただし、いずれにおいても施行後の経過年数が短いことから、引続き経過観察を続け、随時マニュアルを更新していく予定である。

# 豪雪頻度の高まりに対する地域の対応とボランティアの活用

中前 千佳\*1, 中前 茂之\*2, 大川戸貴浩\*1

## 1. はじめに

我が国は国土の約6割が積雪寒冷特別地域に指定され、除雪をはじめ、冬期の雪対策を進めているところであるが、近年は、地球温暖化に伴い、長期的には暖冬少雪の傾向と言われている。一方、降雪を含めた降水量は、年ごとの変動が大きくなっており、頻出する豪雪は年によってその影響を受ける地域も異なる。例えば、平成26年2月には平年降雪がほとんどない関東地方が豪雪に見舞われ、特に山梨県では、除雪が間に合わず孤立する地域が発生した。さらに気象庁気象研究所では、地球温暖化気候シミュレーション実験の結果を解析し、温暖化が進行したときに日本の内陸部において、現在よりも災害を伴うような顕著な大雪現象である豪雪が高頻度に現れ、豪雪による降雪量も増大する可能性があることを確認したと発表した<sup>1)</sup>。

このように、今後頻発するであろう豪雪に対し、地域においてどのような対応が求められ、そのためにはどのような準備が必要となるか、また、行政が中心となって担ってきた除雪や排雪について、行政には体制や予算的な制約があり、これを補うよう地域住民やボランティアが一部を担う取り組みも緒につきつつある<sup>2) 3)</sup>。そこで、本稿では、これまでの豪雪事例をもとに、豪雪時の課題と特徴的な取組を収集・整理するとともに、将来的な地域における対応のあり方やボランティアの活用方策について考察する。

## 2. 研究の方法

近年の局地的・集中的な豪雪の事例から、豪雪時の課題を抽出・整理する。次に、豪雪時中、事後の対応で特徴的なものを挙げるとともに、地域やボランティアの活用方策を検討考察する。

## 3. 豪雪時の課題と対応

### (1) 平成16年1月の金沢豪雪

平成16年1月21日の夜から石川県を中心に降り始めた雪は、降り始めからの3日間で、国土交通省の観測では、金沢で69cmと平成13年の豪雪に比べ3.6倍の積雪であった<sup>4)</sup>。北陸自動車道が22日～23日にかけて通行止めとなったことにより、代替ルートである国道8号は交通が集中したうえ、スリップして走行不能になった車両が多く発生し深刻な交通渋滞に陥った。国道本線が最大約30kmに亘って一昼夜渋滞した他、歩道、特にバス停の除雪など細部が人力除雪によって行われた。また、長時間に亘り自動車が動けない状況になっていたため、車両の中で眠っている運転者を起こす作業が発生したほか、

地域の方による炊き出しやおにぎりの提供などが行われた。

### (2) 平成18年豪雪

平成17年度の豪雪は、昭和38年の豪雪以来、気象庁が「平成18年豪雪」と命名するほどの全国的な豪雪で、例えば、北陸地方整備局管内では、43ある観測点のうち6割を超す27ヶ所で累加降雪深が平年の1.5倍を超えた他、除雪機械の延べ稼働時間は12万時間余と過去10年平均の2倍で過去最高を記録した<sup>5)</sup>。平成17年12月22日に暴風雪の影響で新潟市を中心に最大で約65万世帯に及ぶ大停電が発生した。また、道路の通行止めにより孤立集落が発生し、例えば新潟県津南町と長野県栄村にまたがる秋山郷では国道405号の通行止めにより500名が孤立した。さらに、新潟県中越地震の復旧が終わらない地方公共団体へ除雪機械や雪上車を貸与する等、国から市町村への支援が行われた。

### (3) 平成24年の豪雪

平成24年1月中旬に北海道石狩・空知管内を中心に降った雪により、岩見沢、新篠津、厚田で例年の1.7～1.8倍となる最大積雪深208cm、213cm、198cmという過去最高を記録する豪雪となった<sup>6)</sup>。石狩・空知地方ではJR列車が200本運休し、特に岩見沢市内では、路線バスの運休や、高速道断続的な通行止のため、国道12号大渋滞による交通の混乱が生じ、陸上自衛隊による除雪支援災害派遣が行われた。

## 4. 地域とボランティアの連携

これまで、除雪など雪害に対するボランティア活動が様々な展開されている。例えば、高齢地域の住宅回りの除排雪を行うボランティアバスツアーや地域住民が一時に自宅周辺の除雪を行う金沢市の市民一斉除雪デー、新潟県の「スコープ」が事例として挙げられる。ボランティアツアーでは、活動を行う地域や日程などをあらかじめ決め、時間的余裕をもって募集されたボランティアが活動を行うものである<sup>7)</sup>。また、湯原等<sup>7)</sup>が指摘するように、ボランティアが活動するためには、ボランティア組織の編成、実施計画の策定、安全点検など事前の準備が必要になる。新潟県中越地震を経験した長岡市では、平成22、23年度冬期に「長岡市雪害ボランティアセンター」が設置され、除雪ボランティアの募集などのマネジメントを行った<sup>8)</sup>。一方、集中的な豪雪により行政の手が回らない部分をボランティアがその一端を担うような状況では時間的な余裕が少なく、迅速な対応が必要となる。

## 5. 考察

豪雪時にボランティアを活用するためには、如何に迅速に

\*1 一般社団法人北海道開発技術センター \*2 カナン地質株式会社

除雪ニーズを把握し、ボランティアの担い手を確保するかという点が課題になる。こうした除雪ニーズとボランティアのマッチングを整理するため除雪ボランティアのSWOT分析を行った(表-1参照)。除雪に限らず、ボランティアは様々な経験を持った意欲的な方が多く参加する一方、参集、手配、作業までを迅速に行う必要がある条件での活動には対応しにくい側面がある。

表-1 除雪ボランティアのSWOT分析

	プラス要因	マイナス要因
内部要因	<b>強み</b> ・多様な人材 ・活動への意欲的参加 ・時間的な自由度	<b>弱み</b> ・個々の能力が不均一 ・強制はできない ・迅速な参集が困難(あらかじめスケジュールを提示)
外部要因	<b>機会</b> ・人的ネットワークの拡大 ・官民連携への社会的評価	<b>脅威</b> ・活動中の事故 ・道路利用者とのトラブル ・厳しい財政状況

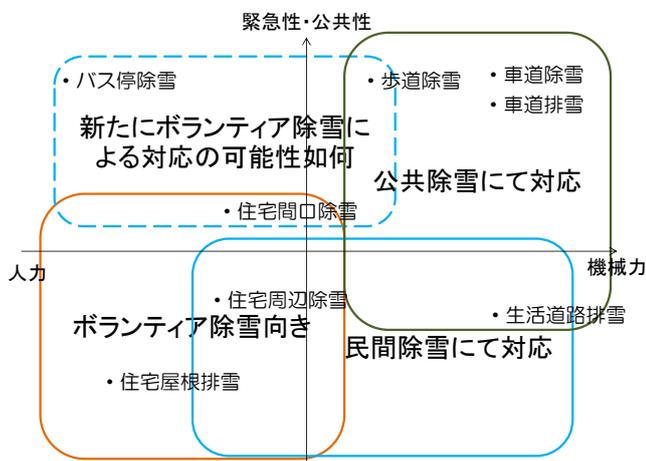


図-1 除雪の種類とボランティアによる除雪の関係の概念図

また、現場でのボランティアの活動を支え、安全を確保するなどの役割を適切に果たす人員が必要になる。こうした点については、事前の準備を周到にすることによりリカバー可能と考えられる。例えば、ボランティアバスツアーなどの参加者を対象に豪雪時の緊急的なボランティア活動に参加し得るか否かを問い合わせ、可能な方々のリストを作成し、SNSなどの連絡手段を確立しておくことなどが考えられる。リストについては、一元管理をすることと適時更新することが重要で、散逸や陳腐化を防ぐ取り組みが必要である。さらに、運用を円滑にするため、ボランティア参加予定者リストの作成、リスト搭載者との連絡、参加者の取りまとめ、現場の段取りなど平常時からの事前の準備と定期的な訓練が必要になる。また、長岡市の取り組み例のように、こうした事務を平常時から豪雪時まで連続して実施できる事務局機能を置く必要がある。

## 6. まとめ

豪雪時において、より緊急性や公共性が高い分野において除雪ボランティアを効果的に運用するためには、平常時から準備が必要で、①ボランティア参加予定者リストの作成、②豪雪時の連絡体制の確立、③ボランティアに依頼する除雪ニーズの迅速な把握とアナウンスが必要と考えられる。また、こうした連絡調整や取りまとめを行う組織の必要性も高い。

今後、全体として少雪傾向が続く中、豪雪の発生頻度が増加すれば、行政効率を考慮すれば豪雪に合わせた除雪体制を敷くことは困難であり、雪害から暮らしを守っていくためには適時適切に行政外の実行力を確保する必要がある。除雪ボランティアはその一例であるが、こうした緊急時の実行力の課題について引き続き検討していくべきと考える。

## 7. 参考文献

- 1) 気象庁気象研究所：地球温暖化で豪雪の頻度が高まる ～最新気候シミュレーションによる予測～, [http://www.mri-jma.go.jp/Topics/H28/280923/Press\\_20160923MRI.html](http://www.mri-jma.go.jp/Topics/H28/280923/Press_20160923MRI.html), 2016
- 2) 中前(千)他：都市と地域をつなぐ「ボラベーション研究会」の実践とあらたな挑戦, 第30回寒地技術シンポジウム, 2014
- 3) 鈴木他：広域的除排雪ボランティアシステム構築の実践的研究-大学生の参加促進・可能性に関する一考察-, 第30回寒地技術シンポジウム, 2014
- 4) 中前(茂), 尾崎：豪雪災害と情報～平成16年1月金沢集中豪雪に何を学ぶ～, 雪センター機関紙「ゆき」55号, 2004
- 5) 中前(茂), 荒木：平成18年豪雪と北陸地方整備局の対応について, 雪センター機関紙「ゆき」64号, 2006
- 6) 原田他：北海道における平成24年豪雪による道路の雪害状況の特徴, ゆきみらいin秋田, 2013
- 7) 湯原, 芮：中山間地域における冬期地域防災力強化のためのコミュニケーション活性化手法, 土木技術資料53-8, 2011
- 8) 諸橋：豪雪災害時における担い手確保の新しい仕組み～長岡市雪害ボランティアセンター2011を例に～, 第24回ゆきみらい研究発表会, 2012
- 9) 小野：社会福祉協議会ボランティアセンター組織強化の方法, 上田女子短期大学紀要第三十二号, 2010
- 10) 吉田他：三八豪雪から40年—現代社会で発生する雪害への対応—, 自然災害科学21-4, pp325-364, 2003
- 11) 土屋：道路除雪の変遷, 土と基礎, 35-10, 1987
- 12) 須田他：大学生の除雪ボランティア参加の要因, 2006年度日本雪氷学会全国大会, 2006
- 13) 高野他：豪雪災害時における交通情報の機能とその整備課題に関する研究, 土木情報システム論文集Vol.5, 1996
- 14) 新潟建設新聞：バイク調査隊が訓練/ぬかるむ急勾配に挑む, 2011

## 後施工可能 道路情報板等の積雪落下対策、つらら防止に効果的な融雪シート

加藤隆之\*2 佐藤元彦\*1 森内 龍\*1 内田博志\*2

### 1. はじめに

北陸地区や岐阜県山間部等降雪地域において、積雪やつららの落下防止対策は重要な課題であり、中日本高速道路株式会社をはじめ同グループ会社内で様々な検討がされている。道路情報板は本線上に設置されており、落雪等が発生すると交通流の妨げとなるだけでなく、通行車両の安全が脅かされる事態が想定される。また、サービスエリア内では、建物や構築物周囲における落雪やつらら落下による通行人の安全確保が必要とである。

今回高速道路上の安全対策として、軽量で可とう性に優れ、効率的に融雪が期待できる後付可能なヒーターシートを開発し、高速道路情報板屋根に施工を行った。本論文では、その概要、試験結果、今後の方向性を報告する。

写真1は、危険性の高いつららの一例である。真下が、通路等をなす場合、非常に危険な状況と言える。建屋周囲の対策においても、のちほど紹介する。



写真1 危険度が高いつららの状況例

### 2. 製品及び施工概要

#### 2.1 カーボンナノヒーター仕様（標準仕様 写真-2）

- ①大きさ 電極巾69cm、シート長1500mm×950mm
- ②対応電圧100V（図-1）
- ③電気容量 260W
- ④ヒーター温度 外気温+15℃

#### 2.2 主な特徴

- ①導電繊維質面状発熱で即効性がある。
- ②穴が開く等不良が出て一部機能不全のみである。
- ③柔らかく、軽いので施工が容易である。（3kg/m<sup>2</sup>）
- ④均一発熱が可能である。（図-2）

従来のニクロム線では、均一発熱・低ワットのシート製作は技術的に難しい。

#### ⑤カーボンナノヒーターの優位領域

融雪シートにおいては、図-3の通り高温での発熱は必要なく50℃以下の低温度領域（700W以下）において効率的に運用できる。

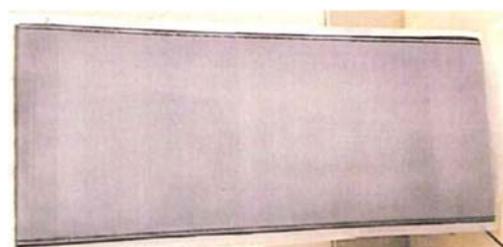


写真2 カーボンナノヒーター

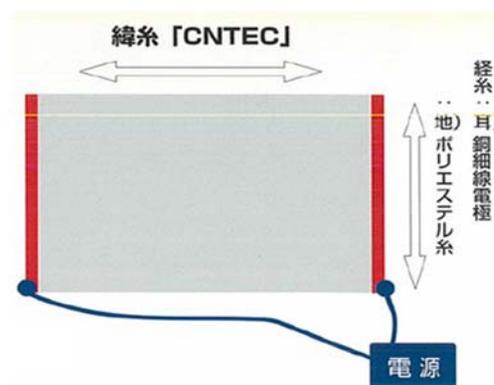


図1 通電イメージ図

（緯糸1本1本に通電し、発熱する。）

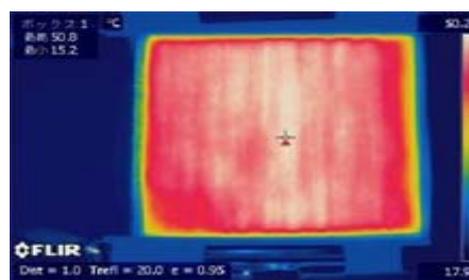


図2 均一発熱赤外線写真（発熱試験）

\*1 中日本高速道路株式会社 \*2 中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋株式会社

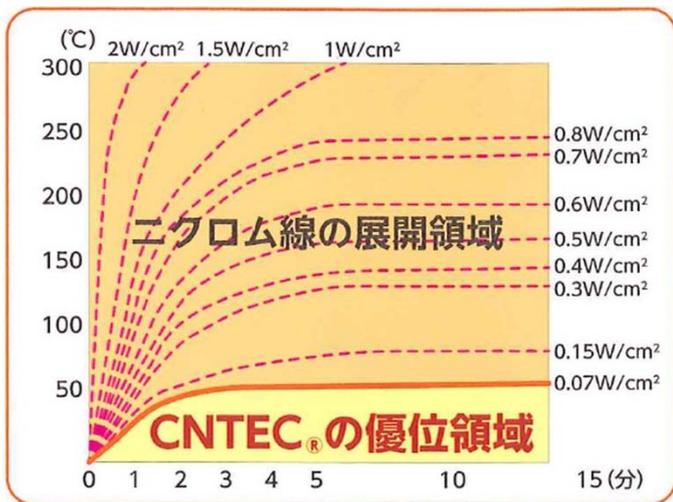


図3 カーボンナノヒーター (CNTEC) の優位領域

### 2.3 施工概要

高速道路における情報板の雪割り屋根内部にヒーターを設置した。(赤枠部分 図4)

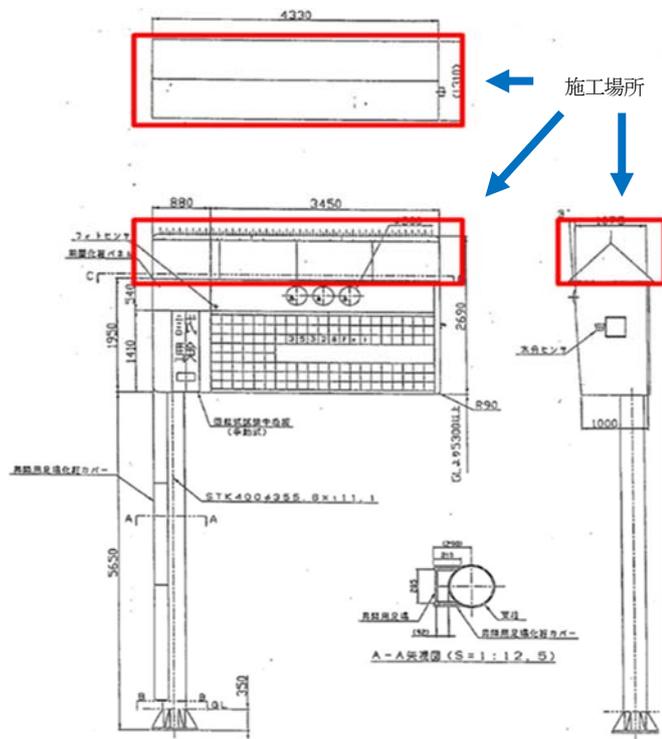


図4 道路情報板外形

### 3. ヒーター実力検証

ヒーターの実力の検証(両面放熱タイプ、片面放熱タイプ)を行うため、恒温恒湿試験(準備試験)を実施した。

予め試験ルームにて①～⑦の条件分けをし、表面温度データを測定した。

■条件① 環境温度-20°C、電力制限は無し、連続運転する場合を想定

外気温-20°C 両面放熱 3.9A、片面放熱 4.3A

結果①：両面放熱、片面放熱のどちらでも表面温度は0°C以上となり、融雪効果が期待できる。8分後にすべての状態で0°Cを上回り 15分後に表面温度が4~15°Cとなった。

■条件② 環境温度-20°C 3A制限の電流制限あり、シート枚数は4枚/三角屋根片面、0.5秒間隔/三角屋根片面でON/OFFを繰り返す場合を想定

外気温-20°C 両面放熱 0.75A、片面放熱 0.75A

結果②：片面断熱の放熱側に若干の効果が見られたが、あまり効果的ではない。

■条件③ 環境温度-20°C 5A制限の電流制限あり、シート枚数は4枚/三角屋根片面、0.5秒間隔/三角屋根片面でON/OFFを繰り返す場合を想定

外気温-20°C 両面放熱 1.2A、片面放熱 1.2A

結果③：片面断熱の放熱側に若干の効果が見られたが、あまり効果的ではない。

■条件④ 環境温度-20°C 5A制限の電流制限あり、シート枚数は4枚/三角屋根片面、2秒間隔/三角屋根片面でON/OFFを繰り返す場合を想定

外気温-20°C 両面放熱 1.2A、片面放熱 1.2A

結果④：あまり効果が見られなかった。

■条件⑤ 環境温度-20°C 5A制限の電流制限あり、シート枚数は4枚/三角屋根片面、5秒間隔/三角屋根片面でON/OFFを繰り返す場合を想定

外気温-20°C 両面放熱 1.2A、片面放熱 1.2A

結果⑤：あまり効果が見られなかった。

■条件⑥ 環境温度-15°C 5A制限の電流制限あり、シート枚数は4枚/三角屋根片面、連続運転を想定

外気温-15°C 片面放熱 1.2A

結果⑥：効果は見られたが、表面温度が上がるまで時間がかかる。

■条件⑦ 環境温度-15℃ 5A制限の電流制限あり、シート枚数は3枚/三角屋根片面、連続運転を想定

外気温-15℃ 片面放熱1.6A

結果⑦：片面断熱の放熱側に10分後効果が見られた。

#### ○結果

電力制限がない場合、-20℃の環境下でも断熱仕様及び片面断熱仕様どちらも表面温度は0℃以上となり融雪効果が期待できるが、表面温度の上昇スピードで比べた場合は片面断熱仕様の方が、上昇スピードが早く、より効率の良いシート仕様だと考えられる。測定データから片面放熱(試験サンプル)の場合は、-15℃の環境下で1.6A/シート1枚以上の能力が必要となると判断できる。

ただし、現実的には現場付近の気温が-10℃以下になる事は想定しづらく、降雪しやすいと言われる0℃付近の環境下であれば、片面放熱のシートを使用する事で融雪できると考えられる。

したがって、片面放熱仕様のシートを使用し、制限された電力条件の中で本試験を行い、経過を観察することとした。

### 4. 本設置

#### 4.1 設置品

##### 1) ヒーター仕様

①カーボンヒーター+ラミシート(片面断熱仕様)

合計8枚(片側4枚)

②外形寸法 780mm×約950mm

③電気仕様

電圧100V 電流2.6A 電力260W(±10%)

(環境条件：温度52℃(±10%)周囲温度28℃)

④取付材料

情報板屋根とヒーターの接着にはブチルテープを使用

##### 2) 制御盤仕様

外形寸法 400mm×427mm 合計1台

#### 4.2 施工条件

ヒーターに使用できる電気容量は3Aとし、情報板三角屋根の片面に4枚(合計8枚)設置するものとした。

ヒーター仕様は準備試験でより効果のあった片面放熱仕様を使用した。

制御方法は、三角屋根の片面側の各ヒーターに0.5秒間隔(0.75A)で交互に流す。

融雪効果が見られない場合は、情報板の電気容量を5Aに変更するように段階的に実施する事とした。



写真3 ヒーター設置前道路情報板(ヒーター設置前) 東海北陸自動車道 上小鳥TN情報板(岐阜県高山市)



写真4 設置状況(屋根内部)

### 5. 経過状況

\*最低気温、最大風速は気象庁HP

(<http://www.jma.go.jp/jma/index.html>)

「岐阜県飛騨市河合町」から抜粋。

■経過① 2015年1月20日

\*参考：最低気温-8.7℃、最大風速4.6m/s



写真5 設置状況 上小鳥TN上り線

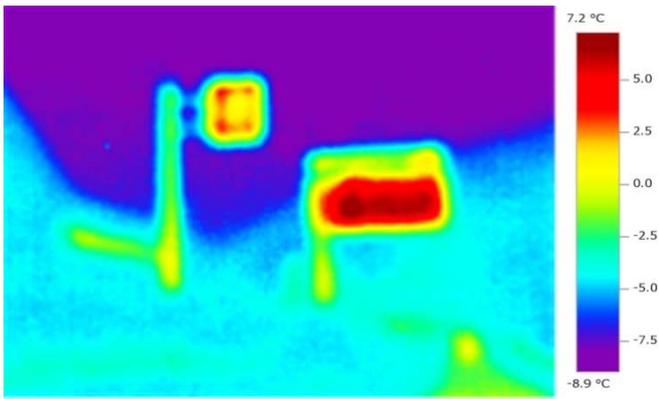


写真6 赤外線写真

■経過② 2015年3月12日

\*参考 最低気温-2.7°C、最大風速3.8m/s



写真7 設置状況 上小島TN上り線

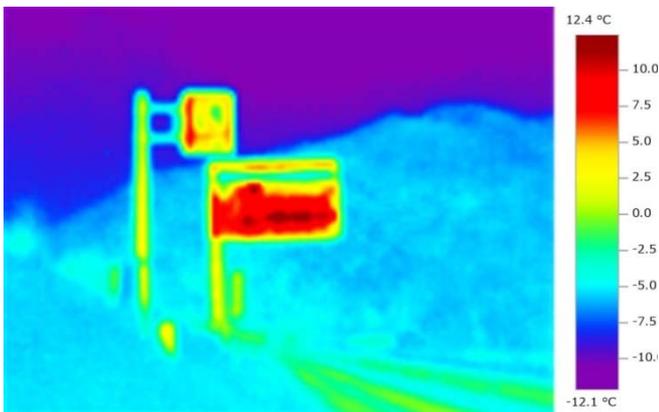


写真8 赤外線写真

経過①、経過②とも、情報板上部の積雪は少なめであり、ヒーターの効果があったと考えられる。また、電流制限が無ければ、準備試験データ上に融雪可能と思慮される。電気容量を5Aに変更する試行は天候の関係上実施できなかった。

## 6. その他の設置状況

### 6.1 広域情報板（ワイド型）屋根への設置



写真9 広域情報板  
北陸自動車道 小矢部市

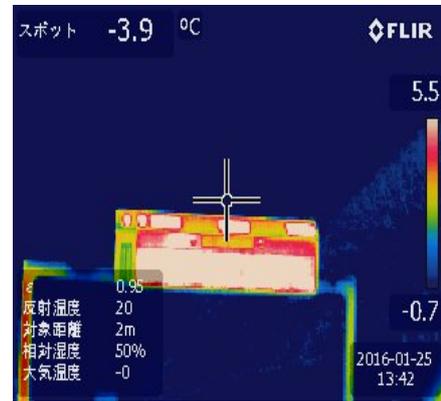


写真10 広域情報板 赤外線写真

2015年初冬に設置したが、当年は記録的な小雪であった。ゆえに、今年度の結果で評価される予定である。また、赤外線による調査では5°C程度の発熱が確認できる。（外気温-3.9°C）

### 6.2 足元融雪マット

足元融雪マットのコーティングは、滑りにくいゴム製で仕上げたものを使用し、効果が確認できた。



写真11 足元融雪マット



写真12 足元マット使用例（スロープ）

### 6.3 屋根融雪

ヒーター設置前は、上屋周囲で、落雪、つららの落下による危険があった。



写真13 ヒーター無し  
北陸自動車道 南条SA 駐車场上屋

ヒーター設置後は、つららは確認できず、上屋周囲は安全な状況であると言える。



写真14 ヒーター有り  
北陸自動車道 南条SA 駐車场上屋

### 6.4 非常電話への階段（道路本線路肩）

階段及び、非常電話前にヒーターマットを設置し降雪時に備えた。



写真15 東海北陸道 非常電話設置状況（富山市）  
降雪前

ヒーターマットを設置した階段、及び非常電話前は融雪されており、効果が確認できた。



写真16 東海北陸道 非常電話設置状況（富山市）  
降雪時

### 7. 今後の設置予定

2015年に設置した東海北陸自動車道 上小鳥TN上り線の道路情報板につづき、下り線の道路情報板にも設置し対策を強化する予定である。さらに、北陸自動車道 南条SAにおいては、設置範囲を拡大し周囲の環境良化に配慮する予定である。また、サービスエリアやパーキングエリアのトイレ建屋付近の融雪マット設置を進めたいと考えている。

#### 【今後の設置予定】

- ①上小鳥TN上り道路情報板
- ②南条SA 上下線 上屋周辺
- ③サービスエリア内通路（未定）



写真 17 今年度ヒーター設置予定道路情報板  
東海北陸自動車道 上小鳥TN 下り情報板

## 8. 課題

今後は、電気容量が制限される箇所へ対処する工夫が必要である。具体的には、繊維へのカーボン付着量を抑え、発熱効率を向上させる取り組みを考えている。

電圧は、100V仕様を中心に各方面展開中であるが、200V仕様も標準品としたい。

非常電話階段に設置したヒーターは、効果が見られたが、周囲に積雪が多く、階段まで辿り着くまでが難しい状態となっていたことから、ピンポイントで使用のケースでは周囲環境の管理も合わせて必要である。

素材の面としては、断熱材の有効利用による発熱効率良化が図られると考慮される。

## 9. まとめ

高速道路空間の安全・安心・快適化は、道路管理業務における最も優先すべき事項である。今回の試行の結果、冬季高速道路の大きな課題となる雪害に対し、軽量で可とう性に優れ、効率的に融雪が可能となるカーボンナノヒーターは大きく期待できる。

後付可能であるヒーターシートの開発及び改良は、高速道路の施設保全を担う一員として、今まで培われた維持管理ノウハウを活用し、今後も環境に配慮しつつ、効率的・効果的な維持管理が可能となる製品の開発を推進していくために今後も必要不可欠である。

# 日本三大散居集落の冬の季節風を守る屋敷林に学ぶ高速道路の防雪林について

上野 美紀\*1、 杉山 未紗\*2

## 1. 背景

田んぼの中にポツンポツンと住居が散在して建っている集落のことを散居集落と呼んでいる。日本においては、胆沢平野(岩手県)・砺波平野(富山県)・出雲平野(島根県)が日本三大散居集落と呼ばれ、その風景は数百年も継承されてきており、伝統的な文化や風習として、多くの国民から注視されている。なぜ、散居集落が数百年の長きに亘り形成され、周囲には屋敷林が植栽されているのか、正確な答えはない。しかし、一般的には次に挙げることが紹介されている。扇状地等で地下水が豊富で稲作に必要な水が得られる、火災による集落全体への延焼を防ぎ大火を避けることができる、井戸による地下水の確保に有利である、冬の季節風から家屋を守るために周囲の北・西側には屋敷林が植栽されている。これらのうち、なぜ屋敷林が植栽されるのかを数値により検証した事例はないものと想定されたので、今回これに初めて挑戦した。

一方で、冬季の道路交通の障害となり多重事故の原因となる自然現象に、吹雪による視程障害がある。道路管理では、防雪林や防雪柵などを設置し、風速を低下させることで、視程障害を緩和している。そこで、屋敷林と防雪林・防雪柵の目的は一致していると考えた。

道路に防雪林や防雪柵が必要であるかを検討する場合、周辺の主要な道路の防雪柵設置状況、地域のアメダスや

気象観測データは大切な情報となる。この気象データのうちアメダスでは、風向・風速・気温のデータがあっても、時間当たりの降雪量のデータがある事例は少ない状況にある。そこで、比較的入手しやすい風速と気温のデータと、地吹雪指数を利用した地吹雪出現時間数を算出するソフトを開発し、得たデータをもとに屋敷林のある三大地域の地吹雪出現時間数と、高速道路の防雪対策について以下に報告する。

## 2. 体感温度と風速

一般に、風速 1m/s あたり体感温度は 1℃下がると言われている。これを米国ナショナルウェザーサービスの「風速と体感温度の関係グラフ」(図-1)で解説すると、図-1①では、気温 10℃・風速 10m/s のとき、体感温度は 0℃となっており前述したことを証明している。しかし、図-1②では、気温 -5℃・風速 5m/s のとき、体感温度は -14℃となっており、気温が氷点下 5℃以下の場合では、風速 1m/s 当り体感温度 1℃低下の原理は成立しておらず、風速 1m/s 当り体感温度が約 2℃低下している。例として、この条件下で風速 5m/s を屋敷林で 50%低減した場合、体感温度は -14℃から -7℃まで低減することができる。この理論を理解し、屋敷林が植栽され、長年に亘り存続されているかは不明だが、屋敷林が冬の季節風から家屋を守る重要な役割を担っていることは良く解釈できる。



\*参考写真1

\*1 株式会社 ネクスコ・メンテナンス東北 保全部、\*2 株式会社 ネクスコ・メンテナンス東北 鶴岡営業所

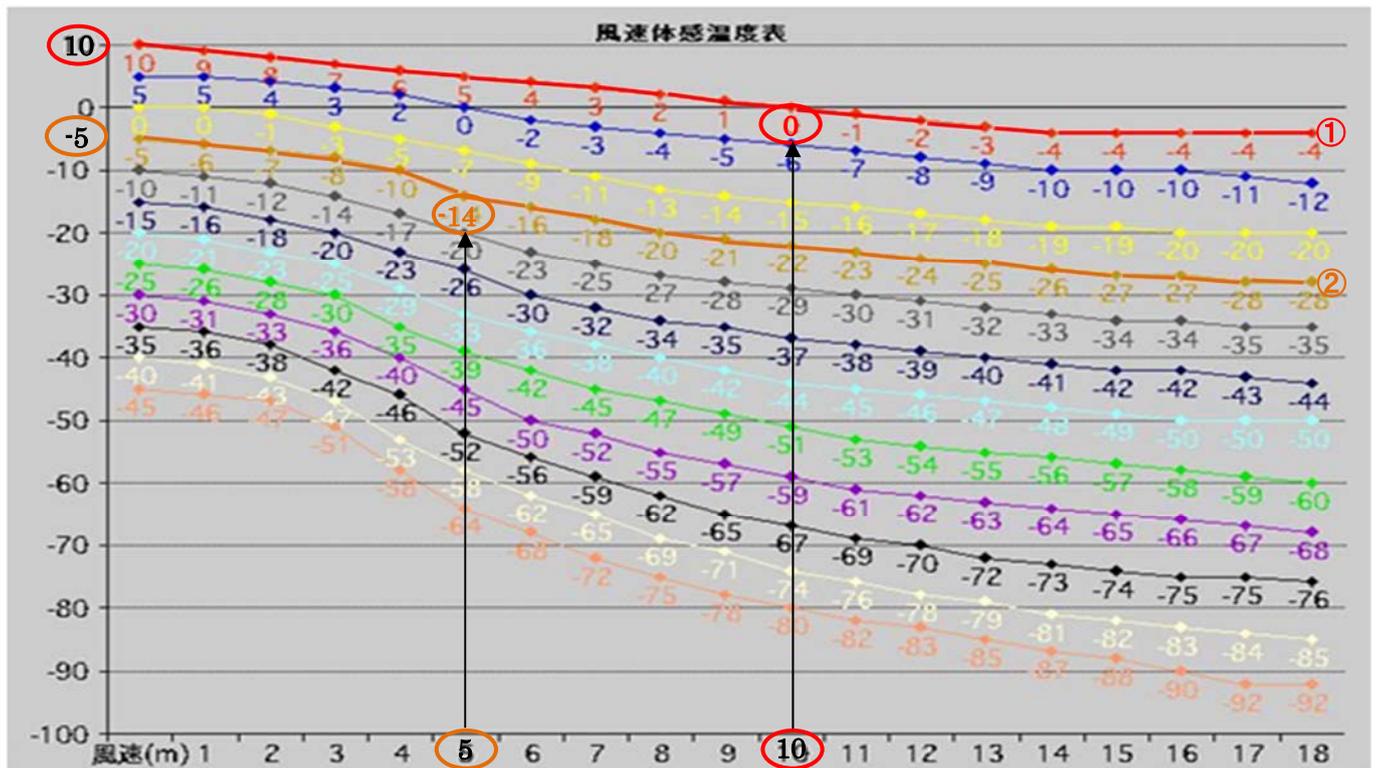


図-1 米国ナショナルウェザーサービス風速と体感温度の関係グラフ

### 3. 「降雪・気温・風向風速」一元化グラフ

ソフトを利用し作成する一元化グラフの説明と特徴について以下に記述する。グラフの作成方法としては、日時を入力し、アメダス地点を選択(積雪計の有無に注意)することで、気象庁の過去の気象データを読み込み、それを一元化グラフにするという流れである。(図-2)

- ①グラフ上段にある矢印(青 or 赤)は、16方位で表すことができ、青の場合は連続した同じ風向、赤の場合は風向が変化したことを表している。風向で低気圧の移動や安定性がわかる。
- ②グラフ内—赤線は、風速を表している。降雪・降雨が多いときは変化が激しい場合が多い。
- ③グラフ内■青の棒グラフは、降雪・降雨量の時間当たりの合計を表している。降雪量が多い時間帯は風速の変化が大きい特徴がある。
- ④グラフ内—黄緑の線は、気温を表しており、その変化が分かる。
- ⑤グラフ内—SS線(グラフ横軸-7)は地吹雪指数(風速+気温の絶対値)を表すときの目安として、弘前大学名誉教授SS氏の絶対値7以上で地吹雪が発生しやすいとの報告(\*文献1)からここではSS線と名前を付け表示した。
- ⑥SS線より下に表示してある丸(○●●)は、能代河川国道事務所能代維持出張所「国道7号における地吹雪予測情報提供システムについて」(\*文献2)を参考に表

示した。

⑦グラフ下に通行止めの記録を旗揚げ表示している。これは「通行止め情報入力欄」に対象区間・日時等を入力することにより表示される機能となっている。

図-2は平成27年2月9日～10日のアメダス鹿角(東北自動車道・鹿角八幡平IC～十和田IC間)のグラフであり、多重事故により通行止めが始まり、開始時間帯は降雪が多く、かつ地吹雪指数は14と烈の状態であるが、10日の解除時には地吹雪指数7を下回っていることがわかる。

### 4. 地吹雪出現時間数算出ソフト

地吹雪が発生しやすい気象状況を数値で評価するものとして、約30年前に研究発表されている地吹雪指数がある。その内容は風速と気温の絶対値の和である。その後の研究で吹雪の程度、地吹雪指数は、烈:13.5以上・視程30m以下、強:10.0～13.5・視程30～50m以下、中:7.0～10.0・視程50～100m以下(但し、気温+2℃以上と風速5m/s以下は除外)となっている。

そこで、前項の一元化グラフを応用したものが、地吹雪出現時間数算出ソフトである。(図-3)今回開発したこのソフトは烈・強・中の地吹雪指数の程度別に日毎、月毎、アメダスの設置地域(東北地方においては213箇所)を選定すると算出できるものとした。降雪量は反映していないが、地吹雪が発生しやすい気象条件の出現時間数が算出される。具体の算出データは図-3のとおりとなっている。

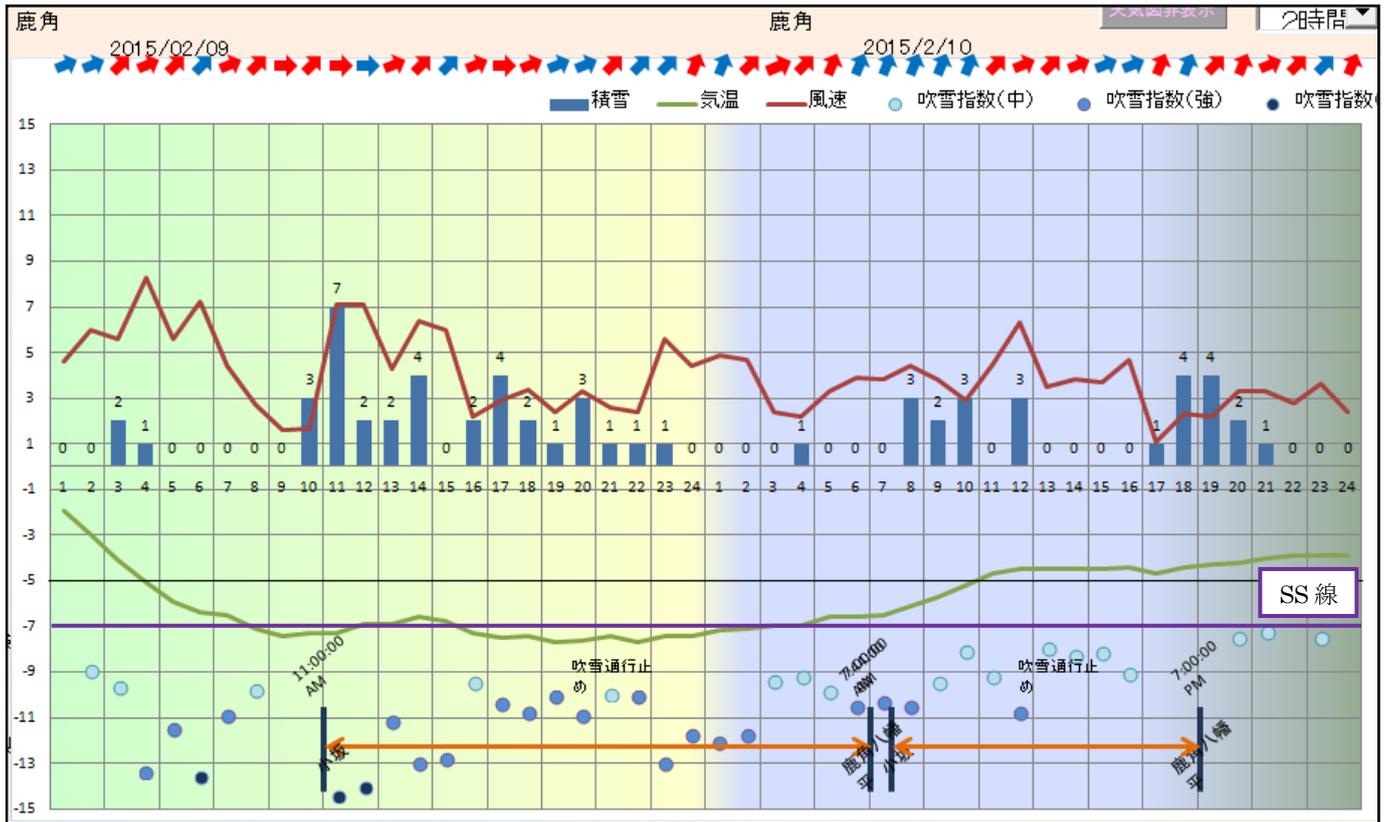


図-2 一元化グラフ(鹿角 2015. 2. 9~2015. 2. 10)

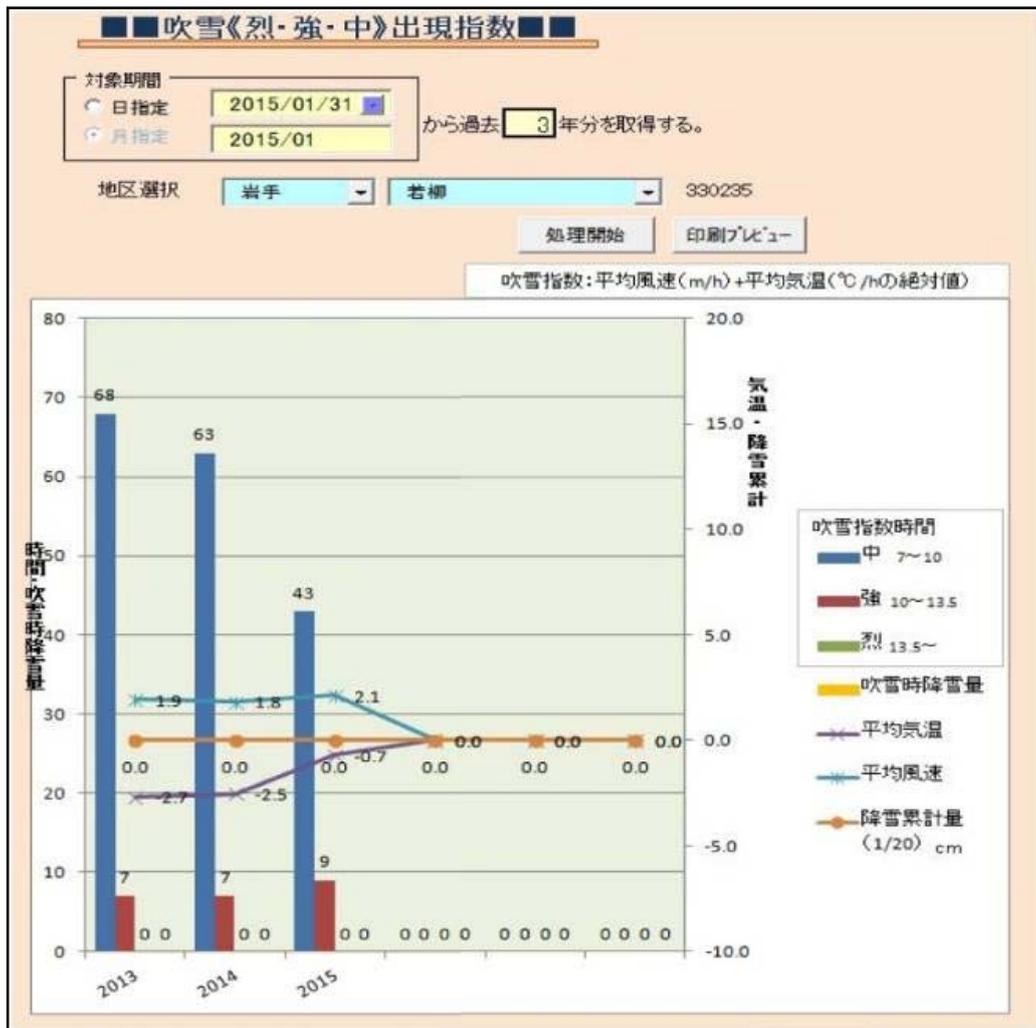


図-3 月別地吹雪出現時間算出アウトプット

## 5. 日本三大散居集落の地吹雪出現時間

前項のソフトで算出されたデータを、地域別に集計した結果が図-4のグラフである。

地吹雪が出現しやすい時間数は、北に位置する胆沢(若柳)が中・強とも大差で砺波・出雲を上回った。

この結果からも分かるように、防雪林は体感温度-10℃以下の時間数が年間170時間もある胆沢地域や、20~30時間の砺波・出雲地域でも防雪のほか、防風の効果も期待できるため存続している。

また、これらの地域の防雪柵設置状況を比較すると、胆沢にある東北自動車道・前沢SA~水沢IC間の西側の対象区間には、全線防雪柵が設置されているが、砺波・出雲地域には設置されていないことも、集計結果がその傾向の証となっている。(写真-1)

## 6. まとめ

散居集落と同様に、東北自動車道には胆沢地域を含め吹雪の多発する区間に、防雪林が植栽されており経年と共に成育している。(写真-2)この健全な管理と存続は散居集落の文化や風習、伝統を継承することになり、吹雪による多重事故防止にも役立つものとする。また、3地域の屋敷林はエコかつ景観にも優れ、観光客も呼び込みできることから、地域と農家のステータスシンボルとして保存伝承されていくよう切望している。

家屋の屋敷林は単に景観としての文化の伝承や、体感温度の低下を減少させるためなどと言われてきましたが、今回数値化することによって、この先も屋敷林を存続させていくための理由が1つ増えたのではないかと考える。

また、体感温度は、気温がマイナスの世界では影響が大きいので、高速道路上においてもSAPAの駐車スペースからトイレや休憩所間の徒歩移動においてお客様が体感するので、植樹は景観だけでなく、防風対策を配慮した計画にすることが必要であるとする。

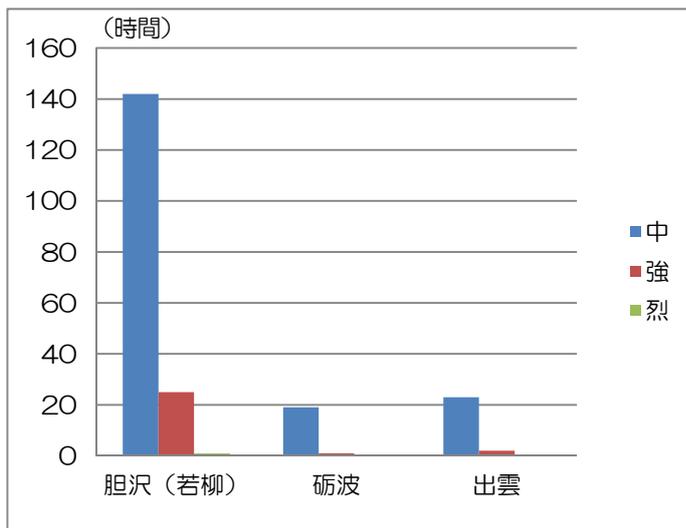


図-4 三大散居集落地吹雪出現時間集計グラフ



写真-1 東北道下り前沢SA~水沢IC間防雪柵設置状況



写真-2 エグネと東北道の防雪林

\*参考写真1: 築地松景観保全対策推進協議会 出雲市役所 建築住宅課 HP

\*文献1: 「地ふぶき」弘前大学医療技術短期大学部 教授 佐藤清一 雪工学研究会報 Vol. 11985(1985)No. 1 P65-73

\*文献2: 「国道7号における地吹雪予測情報システムについて」東北地方整備局 能代河川国道事務所 千葉修一

# 切土のり面コンクリートブロック積擁壁部落雪防止対策について

荒木 洸太\*1

## 1. はじめに

横手管内の道路は、積雪寒冷度が甚だしい地域に位置しているため、約半年余りの期間を雪氷対策に費やさなければならない重雪氷地域を抱える路線である。管内は、地吹雪の発生し易い内陸平野部から、国内有数の豪雪地帯とも言える奥羽山系山麓部に至る路線となっていて、気温・降雪量・積雪深等の諸値の変動差異が著しい路線となっていることから、多種に渡る雪氷障害が発生する路線である。冬季は11月頃から曇天や降雪が続く気候となり、月の日照時間は約80時間以下となる。積雪の期間は年間100日を超え、最大積雪深は平均1m80cm程度で平成26年3月には2m35cmに達している。また、累計降雪量は11m~22mに及び秋田県の都市部では最も積雪が多い地帯とされている。1900年頃からの長いスパンでの気象変化をみると、20世紀に入り国内の平均気温が緩やかに上昇しているのに対し、横手市の場合にはむしろ低下する傾向さえ伺われ、他の都市とは異なった気象特性を示している。

毎年大雪による路面への多雪、のり面からの雪崩、吹雪による視程障害等多種にわたる雪氷障害が発生し、雪氷シーズンを通じて対応に苦慮する区間である。

下図の図-1に示したグラフは、H19~H27年度のシーズン累計降雪量地点別の経年対比、図-2に示すのがH20~H27年度のシーズン最大積雪深値地点別の経年対比を表している。どちらのグラフからも分かる通り最も積雪

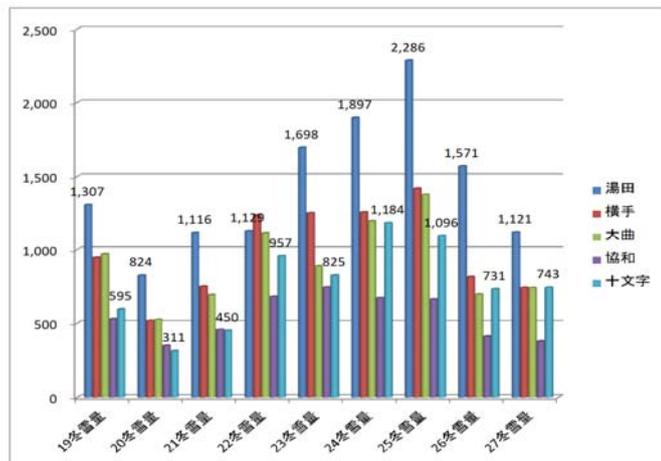


図-1 シーズン累計降雪量地点別の経年対比が多いのが湯田ICとなっており、H23~H26年度に関しては特に降雪量・積雪深ともに多くなっていることが見て分かる。湯田ICにおける過去10年の積雪グラフを図-3に示す。

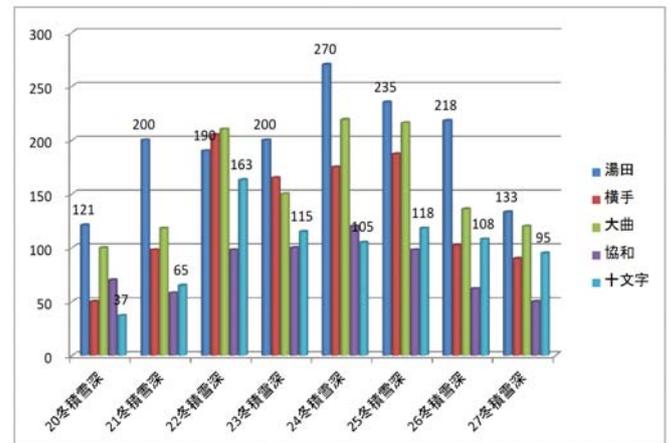


図-2 シーズン最大積雪深値地点別の経年対比

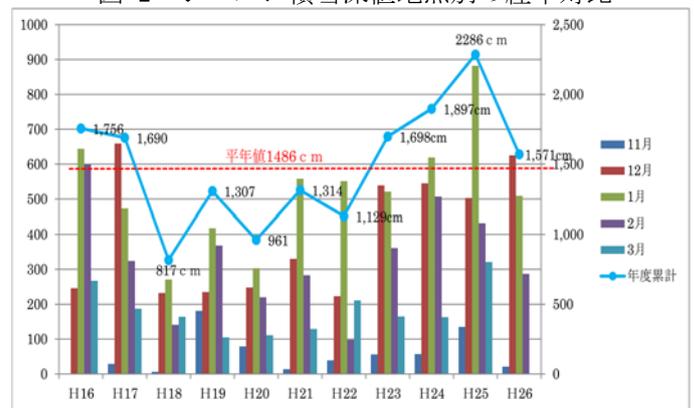


図-3 湯田 IC 年度別累計降雪量集計表

近年横手管内では大雪の影響で夜間通行止めをして雪氷集中工事として除雪作業を行っている。作業内容については中央分離帯雪庇処理、のり面雪庇処理、ランプ合流部の堆雪処理等多種にわたり作業を実施している。そして、その夜間作業にかかる人員は約40人、作業時間は20:00~6:00までの10時間行う。これらの作業は雪庇が崩落した場合の第三者被害や通行障害の危険性が非常に高い箇所のため、事前に処理を行っているものである。高速道路の維持管理業務を行う上でお客様に「安全・安心・快適・便利」な高速道路を提供する為にも、冬期間に常時交通を保持することは重要である。本報文においては、多種にわたる雪氷障害の中から山内黒沢地域の切土のり面コンクリートブロック積擁壁部にて発生した落雪の事象に対して、落雪防止対策を試行したので、本試行内容事例を紹介するとともに、試行結果を踏まえて今後の取り組みの方向性に対し論考したので、その結果を報告する。

\*1 株式会社ネクスコ・メンテナンス東北 横手事業所

## 2. 落雪事象について

発生日：平成27年1月14日

場所：秋田自動車道 上り線36.6KP 暫定2車線部

現場状況：状況写真を写真-1、2に示す。



写真-1 落雪状況写真(立入防止柵)



写真-2 落雪状況写真(本線路肩部)

状況写真(写真-1)よりコンクリートブロック積擁壁部に近接した立入防止柵に大規模に形成された雪庇が本線に滑り落ち小規模の雪崩が発生した。滑り落ちた雪は路肩部で留まり走行に影響は出なかった。(写真-2)

毎年切土のり面のコンクリートブロック天端部にできる雪庇の張り出しによる落雪が発生しており、対処方法として落雪の危険性が高い箇所は重機による堆雪ポケットの作成や人力による雪庇落とし等を行っている。(写真-3, 4)



写真-3 重機による堆雪ポケット作成状況



写真-4 人力による雪庇落とし状況

しかし悪天候による作業の中断や堆雪した雪によって路肩が狭くなっている中での重機による作業、足場の少ない高所での作業のため危険度が高く、作業が後手に回ることが多いのが現状である。滑り落ちた雪庇は路肩部に留まり走行に影響はなかったが、落雪による通行車両への衝突等の危険があり、落雪事故等のリスク軽減を図る為にも、上り線36.6~37.0KPのコンクリートブロック積擁壁部に再発防止を目的とした対策案を試行することとした。対策工実施区間の平面図を図-4、施工前の写真を写真-5に示す。

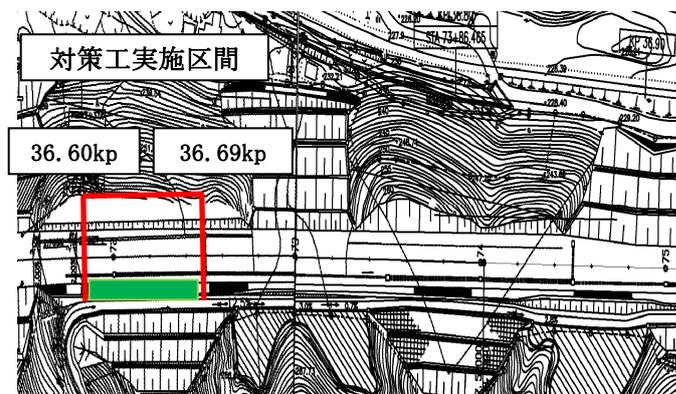


図-4 対策工実施区間の平面図



写真-5 施工前写真

### 3. 対策工について

対策については、①コンクリート擁壁部から本線への雪庇の滑落を防ぐ、②立入防止柵に形成される雪庇の堆雪を防ぐ。この2点を目的として、3つの落雪防止対策工を試行する事とし、各対策工を12月、1月、2月、3月の計4ヶ月の間経過観察を行った。対策工施工区間の施工後の完成写真(全景)を写真-6に示す。



写真-6 完成写真(全景)

#### ①側壁部Lアンクル設置案【案①】

コンクリート擁壁の側壁部での雪の滑り止めを考え、側壁部30m間に鋼製のLアンクル(250\*250\*1000mm)をアンカーで止め、45基の設置を行った。この効果は雪崩防止に期待が持て、予防柵や吊柵と同じような意味を持ち、Lアンクルに雪を固着させる事が出来る。ただし積雪状況によって抱える量が多くなる事が懸念された。(写真-7)



写真-7 完成写真【案①】

#### ②雪庇抑制シート設置案【案②】

傾斜地近接箇所の立入防止柵はステップが狭く、降雪により雪が堆雪する。雪庇が上部の網に積雪してくると立入防止柵が光や温度で熱を持ち接触部が融け始め、徐々に剥離が始まり上部より崩落する。このため斜面に近接した立入防止柵にそのまま雪が付着してしまうと雪崩の発生が高まってくる。そこで立入防止柵

に単管パイプ(Φ48.6mm)を使い立入防止柵に型付けをし、テント生地シートを使用し、シートと単管パイプを結束バンドで固定。色別での効果の比較を行うため熱吸収率を考慮して黄色・茶色・黒色の3色のシートを使用し、施工を行った。この案は今回問題視している立入防止柵からの雪庇の抑制効果が期待できると考えた。(写真-8)



写真-8 完成写真【案②】

#### ③天端部Lアンクル設置案【案③】

コンクリート擁壁の天端部での雪の滑り止めを考え、天端部30m間に鋼製のLアンクル(250\*250\*1000mm)をアンカーで止め、20基の設置を行った。この効果は対策案①と同じ意味合いであり、Lアンクルに雪を固着させる事が出来ると考えた。ただし積雪状況により案③は立入防止柵と近接している為、網に付着し堆雪する雪と天端部Lアンクルで抑える雪で抱える量が多くなる事が懸念された。(写真-9)



写真-9 完成写真【案③】

### 4. 効果について

#### ①側壁部Lアンクル設置案【案①】

案①設置の効果については、一部小規模ではあったが落雪が発生し、路肩内で留まり、本線への影響はなかった。Lアンクルに留まっていた積雪量が多くなることで留めきれなくなり落雪が発生したと考えられた。

しかし全体的な効果としてLアングルを施工したことで雪は結着され立入防止柵からの雪庇の滑落を留めることはできた。検証状況写真を写真-10、落雪状況を写真-11に示す。



写真-10 検証状況写真【案①】



写真-11 落雪状況写真【案①】

#### ②雪庇抑制シート設置案【案②】

案②設置の効果については、立入防止柵への雪の付着がほぼなくなり雪庇の発生を抑制することに成功した。色別での効果の比較については、熱吸収率の高い黒色のシートがもっとも雪の付着が少なかったが3色とも付着する雪の量に大きな差異が無いことが確認された。案②は、落雪防止対策として非常に効果がある



写真-12 検証状況写真【案②】

ことが確認できた。検証状況写真を写真-12に示す。

#### ③天端部Lアングル設置案【案③】

案③設置の効果については、立入防止柵に形成された雪庇を天端部Lアングルによって留めることに成功しており、落雪等の障害は発生していない為、落雪防止対策として一定の効果があると確認する事ができた。検証状況写真を写真-13に示す。



写真-13 検証状況写真【案③】

#### 5. まとめ

今回試行した3つの対策案の効果・検証については、それぞれ一定の効果が確認された。案①、③については立入防止柵からの雪庇の滑落をLアングルにより抑制することが出来たが、案①で発生した落雪の事象は案③でも発生する可能性があるため、この事は今後の課題となった。案②については、シート設置により立入防止柵にほぼ雪が付着せずに雪庇の発生を抑制することができ、3つの落雪防止対策の中で最も効果が確認できた。H27年度は暖冬のため積雪量・降雪量が少ない年ではあったが、今回検証した3つの対策案の検証結果を踏まえて、同様の問題を抱える他箇所への展開について、更なる検討を行っていききたい。最後に本検討結果によって、山岳路線の冬期交通の安全確保について、確かなものとなるように更なる研究に努めていきたい。

# 『一人乗り除雪グレーダ導入における検討』

伊藤 秀樹\*1, 中島 朋也\*1, 金野 貴洋\*1, 稲葉 護\*1

## 要 旨

東北地方における道路除雪作業の主力機械である除雪グレーダは、従来から大きく仕様を変えて、一人乗り仕様として供給が開始されている。

一人乗り除雪グレーダの配備、運用にあたっては、除雪体制への影響を分析し、確実かつ安定した作業体制を確保するための取り組みが求められている。

本報告は、一人乗り除雪グレーダ配備に先立ち進めている、除雪作業の作業性や安全性に関わる検討について報告するものである。

## 1. はじめに

除雪作業の主力である除雪グレーダは、平成24年度末に改正された建設機械の排出ガス4次規制適用に伴い、従来から使用されている二人乗り除雪グレーダの製造が終了した。

平成27年度から新たな除雪グレーダの供給が始まったところであるが、一人乗りとなるなど除雪能力を含め、従来と機械の仕様が大きく異なるものとなっている。

機械仕様の変更は、除雪作業への影響が明らかであることから、作業性や安全性の確保を目的とした運転操作支援について検討し、一人乗り除雪グレーダの実作業による検証を行った。

## 2. 運転操作支援の必要性

### 2.1 除雪グレーダ運行体制の変化

除雪機械のオペレータには、作業中『安全な車両運行』と『確実な作業装置操作』が要求される。

運転とは、取得（認知）、判断、操作（行動）を常に一連動作として実施しているものであり、中でも除雪グレーダは、装置操作が複雑かつ頻繁な除雪機械である。

オペレータの思考の中で実施される取得・判断の部分は、機械を動作させる前提条件となり、除雪機械の運行にあたっては、取得部分における助手の補助が重要な役割を担っている。

一人乗り除雪グレーダでは、助手を欠いた状態となるため、助手が行っていた作業もオペレーター一人で実施していくこととなる。

一人乗り除雪グレーダの導入にあたっては、除雪の作業性、安全性の確保の観点から、オペレータがどのよう

な情報を取得し、助手が補っている部分はどこかを分析したうえで、助手に代わる新たな技術の開発が重要であると考えた。

### 2.2 オペレータと助手の役割分担

作業分析に際しては、ドライブレコーダにより撮影した除雪グレーダ作業中の車内映像記録を基に、オペレータと助手の行動をモデル化し分析した。（図-1）

分析の結果、車内における助手は、各操作行動に際して実施されるオペレータによる確認行為の中で、オペレータが同時に確認できない部分を代替して取得（認知）することが主であるとの結論に至った。

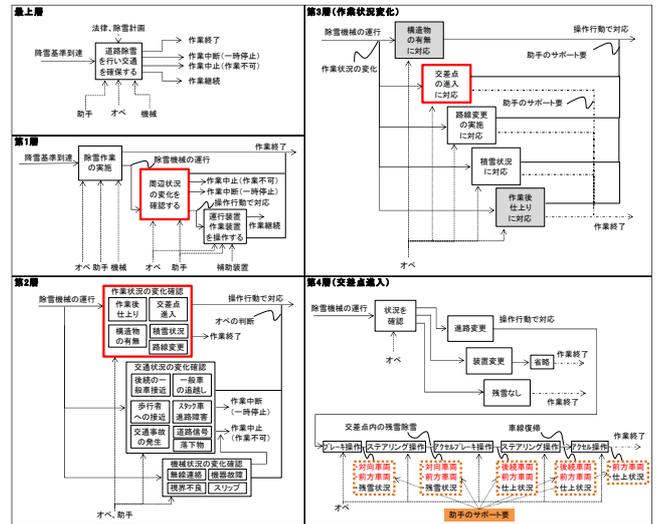


図-1 除雪グレーダ運行の行動モデル

### 2.3 操作支援すべき内容の決定

オペレータと助手の行動データは、視線や会話内容についても整理を行なった。

結果は、図-2 に示すとおり、オペレータは作業装置類への注視が多いのに対し、助手は車両周辺、特に後方の確認を実施していることも判った。

また、助手を務める者が熟練者だった場合、非熟練者より後方確認の情報提供が多くなっている結果であった。

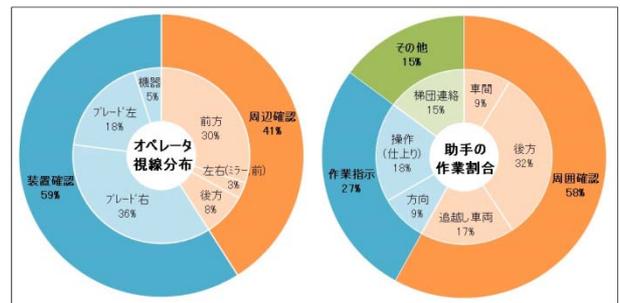


図-2 オペレータ視線分布、助手の作業割合

\*1 国土交通省 東北地方整備局 東北技術事務所

熟練者のケースで特徴的な情報提供を行なっているのは、助手（熟練者）がオペレータの必要とする情報を潜在的に自らの経験により取捨選択し、最も必要な情報として後方に係わる情報を選定したものと推測された。

以上のとりまとめ結果から、熟練者が潜在的に持ち合わせていると考える、除雪作業中に確認し難い車両周辺の中で、車両後方の情報提供が運転操作支援すべき内容であると結論づけ、運転操作支援のシステム検討に取り掛かった。

### 3. 運転操作支援の機能検討

#### 3.1 オペレータに提供する情報量

作業の実行において、最も影響が大きい要素は安全確認であり、オペレータ、助手双方に必要な情報である。

ただし、オペレータが必要としない情報、大量の情報提供は作業の支障になることが、当事務所における過去の検討結果より明らかとなっている。

助手の情報提供として頻度の高かった、後方確認による取得情報の種類は、一般車両の動きや除雪（投雪）の状態、梯団の状況など多岐にわたる。

よって本検討では、車両後方状況のうち、オペレータが最も必要とする情報についての絞り込みを行った。

#### 3.2 有効な情報と運転操作

作業映像の分析に加え、東北管内の各除雪機械オペレータに対する意見調査を実施したところ、重要と考えている情報は、除雪車両後方からの近接、追い越しを行う一般車両であった。

上記の調査結果をふまえ、オペレータが投雪方向調節や進路変更など各運転操作するためには、オペレータ自身の確認行為とは別に、後方から車体側面にかけての近接車両の存在を認識させることができれば、運転操作の判断材料として有効であると結論づけた。

よって情報提供内容は、最も重要な後方からの近接車両に限定をして検討を行なった。

検討では、図-3 に示すように、除雪グレーダの後方30m程度から検知を開始し、検知範囲を複数設定することで左右からの追越し車両を含めて、オペレータに情報提供を行なうことで検討を進めた。

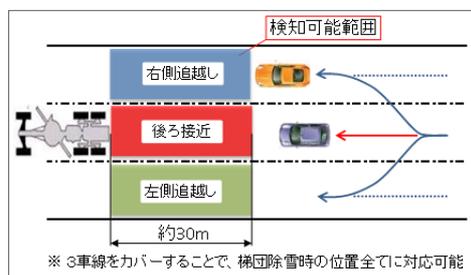


図-3 検討した検知条件

#### 3.3 対応する機器の検討

検討中の運転操作支援の内容は、除雪グレーダ周辺の一定範囲に侵入してきた車両を検知、発報する後付けのシステムとした。

検知機器については、身近なもので言えば、ビーコンのような固定式や乗用車のアシスト機能などが実用化されている。

本検討におけるシステムでは、検知の原理としてマイクロ波を採用し試作と実証試験を行った。

なお、検出機器は、国立研究開発法人 防災科学技術研究所 雪氷防災研究センター新庄雪氷環境実験所の風洞装置による検証実験のうえで選定を行っており、実験は、同研究所との共同研究にて実施している、(写真-1)



写真-1 雪の影響に関する風洞実験

### 4. 試作システムと試験導入の結果

#### 4.1 試験工区を選定

運転操作支援システムの試験導入においては、湯沢河川国道事務所 大曲国道維持出張所 大曲工区に配備された、一人乗り仕様の除雪グレーダを採用した。

なお、一人乗り仕様機は、東北管内で平成27年に4台配備されている。

本工区は、多車線区間を含む市街地であり、加えて過去5年の平均積雪深64cmの豪雪地域であることから除雪の回数も多く、システム検証に適していると考えた。

#### 4.2 二人乗り仕様機との能力比較

運転操作支援システムの検証に先立ち、除雪車両の運行管理データを基に、従来使用されていた二人乗り仕様機との能力比較を行なった。

降雪量に対する作業速度の分布を図-4に示す。

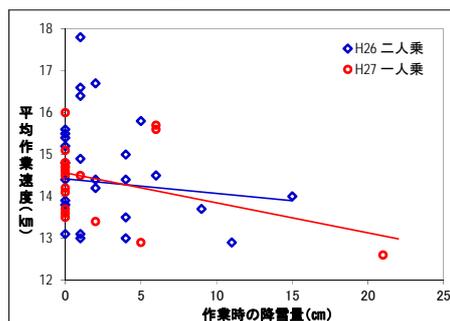


図-4 除雪グレーダ 作業速度分布図

作業速度の整理においては、梯団除雪における構成車両の影響を受けると考え、一人乗り仕様機が導入されていない前年度の運行データを比較対象とした。

結果は、降雪量が少ない場合は二人乗り仕様機よりも作業速度が上がっている一方で、降雪量の増加に伴う速度低下が大きくなっているのが判る。

#### 4. 3 二人乗り仕様機との作業速度の違い

作業速度差が大きくなり始める、降雪量 10cm 付近での速度変化グラフを図-5、作業条件を表-1 に示す。

図-5 から、全体的に一人乗り仕様機のほうが、施工中の最高速度が落ちていることが見て取れる。

一方で、前後進を繰り返しての往復作業を必要とする工区境においては、一人乗り仕様機のほうが高めの作業速度であった。

要因としては、一人乗り仕様機で実施された視界改善やレバー配置の見直しなどにより、二人乗り仕様機と比べて操作性が向上したためと推察できる。

しかし、ブレード高さが低くなったことで、除雪量によってはブレード上部から雪がのり越え、雪をこぼすことが確認されている。

助手の確認行為が無くなったなかで、除雪能力も低下し、『安全な車両運行』と『確実な作業装置操作』を両立させるために、結果として作業速度が低下したと考える。

表-1 各除雪の作業条件

年度	天候	気温	降雪量	積雪量	作業時間帯	運転時間	平均速度
H26 二人乗り	雪	-3.0°C	15.0cm	75.0cm	午前中	2h39m	15.6km/h
H27 一人乗り	雪	0.0°C	10.0cm	48.0cm	午前中	2h46m	15.0km/h

※運転時間、平均速度には、信号待ち等の停車時間を含む

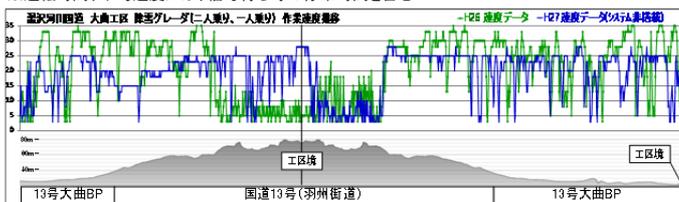


図-5 除雪グレーダ（二人乗り、一人乗り）作業速度推移 ※停車措置を排除するため 0km/h 含まず。

#### 4. 4 試作システムの導入

本検討で試作を行った支援システムの車両検知部を写真-2 に、オペレータへの通知機器を写真-3 に示す。

検知範囲は、除雪グレーダの走行車線と左右 1 車線の全 3 車線を対象としており、除雪グレーダ後方 30m 以内に接近してくる物の検知を行う。

なお、検知する物は一般車両だけでなく、歩行者や軽車両も可能となっていることから、検知範囲であれば路側帯を走行してくるバイクなども検出する。

通知については、運行装置上に配置した機器により、ブザー音と赤色灯にて通知するものとしている。なお、赤色灯は、検知方向（後方 3 車線）で点灯位置が変わる

ものとしている。



写真-2 車両検知部



写真-3 オペレータへの通知機器

#### 4. 5 支援システムによる作業速度の違い

車両運行管理データを基に比較した、支援システムの有無による作業速度の変化グラフを図-6、作業条件を表-2 に示す。

図-6 のグラフから、支援システムを利用した場合には最高速度が上昇し、全体的に作業速度が向上していることが判る。

なお、平均速度に大きな違いが現れない理由は、梯団作業のためと推察する。

表-2 各除雪の作業条件

システム	天候	気温	降雪量	積雪量	作業時間帯	作業形態	運転時間	平均速度
動作	雪	-4.0°C	11.0cm	53.0cm	午前中	梯団先頭	2h17m	15.8km/h
非動作	雪	0.0°C	10.0cm	48.0cm	午前中	梯団先頭	2h48m	15.0km/h

※運転時間、平均速度には、信号待ち等の停車時間を含む

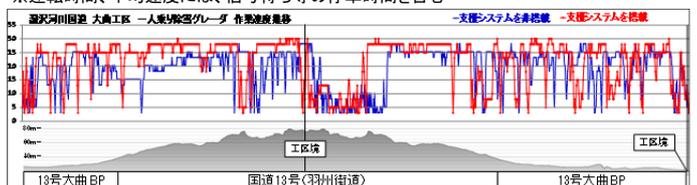


図-6 一人乗り除雪グレーダ 作業速度推移 ※停車措置を排除するため 0km/h 含まず。

#### 4. 6 支援システムによる視線の違い

オペレータの視線分布をアイカメラにより取得し、支援システムの効果を視線変化から検証した。

オペレータの周囲確認割合を図-7 に示す。

二人乗り仕様時は、後方に係る確認割合が 26% であるのに対し、一人乗り仕様では 21% に落ち込んでいる。

一方で、支援システムを導入した場合は、27%と割合が増加しており、助手が不在となったことで減少した周囲確認の割合が、支援システムにより二人乗りと同等の割合までに改善する結果となった。

また、検証では、視線が一箇所に固定される時間が減少していることも確認されている。

システムの有無によらず後方確認が減少し、左右ミラーに分散されているのは、自身に代わり前方を確認している助手が居ないため、前方視野からの視野移動が少なくて済むミラーを選択したと推察できる。

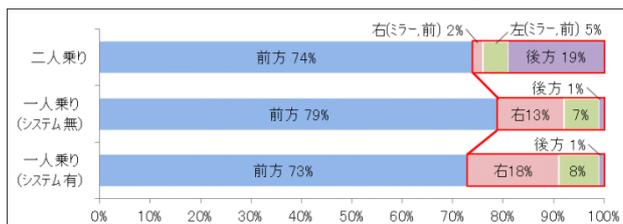


図-7 各条件におけるオペレータの周囲確認割合

#### 4. 7 試験導入の結果考察

支援システムの導入により、二人乗り仕様に近い作業環境が確保可能であると、図-7 のグラフからも判断できる。また、車両の存在を明らかにすることで、車両を探す必要性が低下し、除雪状況や作業装置を確認する余裕が生まれることとなる。

この余裕の結果として、図-6 に示す作業速度の向上にもつながったのではないかと推察している。

さらに、支援システムの試験導入を受けて、特に交通量の落ちる深夜作業時は、作業状況の確認などに集中していることが多く、周囲の確認頻度が落ちるため、支援システムが有効との意見をオペレータより頂いている。

この作業状況への集中こそが、従来は二人乗り仕様だからこそ可能だったものであり、支援システムの導入をすることで安全性の向上に寄与できる部分である。

#### 4. 8 試験結果を受けての改良

実際の除雪作業においては、数字として表れない定性的な要素も重要な項目となる。

特に使用感は、オペレータに対する苦渋性につながる可能性もあり、今後システムを普及させていくうえで、重要な項目である。

意見徴収の結果では、ブザー音の長さや赤色灯位置など、オペレータへの情報伝達に関する部分への要望が主に挙げられたため、改良した支援システムをH28年度に試験運用して、最終仕様を決定する考えである。

### 5. 今後必要と考えられる対策

#### 5. 1 除雪能力に対する対応

除雪グレーダのオペレータは、一般交通や道路障害物、

投雪方向、仕上りと数多くの情報を取得、判断して機械を運転操作している。

本検討では、安全性の向上に主眼を置いて調査検討を実施してきたが、一人乗り仕様機の除雪能力についても大まかに確認できた。

検討結果として、二人乗り仕様機の配備箇所の更新で単純に一人乗り仕様機を配備していくことはできないと考える。

今後は、工区毎の作業条件や配備機械を見据えての新しい配備計画手法、機器による能力補強方法も併せて検討していくことで、二人乗り仕様機に近い、道路除雪体制やサービスの維持が可能となるのではないかと考える。

近年多発する豪雪が発生した際の影響も懸念されることから、詳細な能力調査の実施が必要と考える。

#### 5. 2 オペレータの育成

除雪グレーダによる除雪作業は、複雑な装置操作を頻繁に要し、安全を確保しながら効率の良い作業を実施するためにも、特に熟練を要する除雪機械である。

若手オペレータは、自身の経験を積むことで習熟度を上げていくことは勿論であるが、熟練オペレータの助手として同乗することで、経験やノウハウに依る部分を伝達されている実態がある。

経験やノウハウの部分は、机上で伝達することは困難であり、実作業の中で伝達していくからこそ身に付くものであるとの意見が現場からもあげられた。

一人乗り仕様の配備が進んだ場合の技術伝達についても、検討の必要性が高いと考える。

### 6. おわりに

本検討では、効果的な運転操作支援の方法、内容とするために、機器設計に入る前に作業実態をとりまとめ、複雑で熟練を要する除雪グレーダ作業の分析を行った。

さらには、東北地整管内における一人乗り除雪グレーダの運行データのとりまとめにより、二人乗り除雪グレーダと比較をすることで課題の認識を図れた。

従来は、助手がオペレータを補うことで除雪作業を実施されていたが、一人乗りとなったことで作業性、安全性が低下することは否めない。

さらに、経験やノウハウによる部分を理解し、十分な補完を実施することは簡単ではなく、削減となった助手の役割全てを機器で補うことは大変難しいと考える。

今後は、本検討での結果を踏まえて支援システムの実用化を進めると共に、現場調査などを通じて明らかになった課題に対して、配備計画や運用方法といったソフト面からの課題解決も視野に入れ、検討を進めていきたい。

# 一般国道347号の通年通行化に向けた取り組みについて

著者名 小野秀喜\*1、後藤正孝\*1、本間直樹\*2、青嶋大悟\*2

## 1. はじめに

一般国道347号は、国道47号と48号の間に位置し、山形県寒河江市を起点とし、河北町、村山市、大石田町、尾花沢市、宮城県加美町を経由し、大崎市へと続く、全長89.1kmの主要幹線道路であるが、県境区間（鍋越峠）の17.7km区間（山形県側6.4km、宮城県側11.3km）は、雪崩危険や道路未改良のため、これまで冬期閉鎖区間となっている。

東日本大震災を契機に、広域的災害時の物流・避難における代替路線確保の必要性や、安定的な輸送路の確保による物流拡大への期待等から通年通行化の要望が高まり、平成24年度から山形・宮城両県で連携しながら対策事業に取り組んでおり、平成28年12月に通年通行が実現した。

門家・学識経験者、国土交通省、道路利用者、沿線市町、警察、消防の関係機関からご意見をいただきながら、施設整備や冬期間の道路管理計画の策定を進めてきたところである。



写真-2 第2回検討会議



写真-3 第4回検討会議

また、来年度には通年通行化実現後の防雪等施設整備の効果、通行の安全性等の検証を目的として、第5回目の検討会議を予定している。

以下に、これまでの山形県側の取り組み状況を紹介する。

## 3. 施設の整備状況

本県では平成24年度から通年通行化対策事業に着手し、冬期閉鎖区間6.4km区間について雪崩調査等を実施し、雪崩・落雪対策工や、気象観測の施設整備を進めている。主な施設整備の概要は下記のとおりである。



図1. 一般国道347号位置図



写真-1 冬期閉鎖区間の積雪状況（未除雪）



図2. 通年通行化に向けた対策概要図

### ●雪崩対策施設（14斜面）

雪崩・落雪のおそれのある法面部、法尻部に対し、雪崩予防柵や、せり出し防止柵等を設置した他、シェッドやトンネル坑口への雪底防止板を設置した。

この他、調査結果から局所的な吹雪や吹き溜まりの発生が確認されており、視程障害対策として、防雪柵や自発光式視線誘導標、道路照明灯等の施設整備も実施した。

## 2. 「道路管理検討会議」の発足

通年通行化に向け、平成27年度に両県合同で「道路管理検討会議」を発足した。これまで4度の検討会議を開催し、専



写真-4 雪崩対策施設整備状況写真

●気象観測施設（3箇所）

気象観測装置、カメラを設置し、県HPでの公開する。また道路情報板を増設し、通行規制時等には一般車両への円滑な周知を図ることとしている。

●非常通報設備

峠区間が携帯電話不感地帯を含むため、区間内で緊急事態が発生した場合に備え、自営線を整備し非常用電話を6箇所を設置する。これにより事故等で立ち往生した一般車両から警察・消防へ連絡を行うことが可能となり、また警察・消防を通して、道路管理者へも通報が伝わり、現場へ出動する体制となっている。



写真-5 気象観測装置  
・監視カメラ



写真-6 非常通報設備  
(写真はイメージ)

4. 冬期道路管理計画の概要

4-1. 除雪体制について

除雪体制構築のため、平成26年度からは、路面積雪の観測を行いながら実際に除雪機械による除雪を行い、常時2車線確保を目的として除雪作業時間、出動のタイミング、除雪方法、及び配備機械などの除雪体制について検討を重ねてきた。試験除雪の結果、今年度までに新たに除雪ドーザ2台、ロータリ除雪車2台を配備（増強）し、凍結抑制剤散布車1台を常時配備した。

4-2. 通行規制期間と交通開放時間帯について

上述のハード対策、ソフト対策の準備が整い、いよいよ今年度より冬期間は7時から19時までの日中の通行が可能となった。

鍋越峠区間は積雪が多く、天候が急変することがあること、雪が多く除雪に時間を要すること、雪崩対策、除雪体制の効果の検証も必要なこと等から、当面は道路利用者の安全に万

全を期して、宮城県側を含め夜間通行止めを行う。

今後は、日中のみの供用を通して安全性等を検証し、24時間開放へ向けた道路管理方法、安全対策を検討していくこととしている。

夜間通行止めの時期、時間帯については、気象データや試験除雪の結果を基に、交通量調査、アンケート調査の結果を踏まえ決定した。

○冬期通行規制期間：12月1日から3月31日まで

(ただし、降雪・積雪状況により判断)

○冬期交通開放時間帯：7時から19時まで

(夜間19時から7時までは通行止め)

(ただし、気象状況により開放時間帯でも通行止めを実施)

5. 通年通行化により期待される効果

①【防災】年間を通して、広域的災害時の物流や、避難における代替路線の機能が確保される。

②【観光・交流促進】沿線には、「銀山温泉」（山形県尾花沢市）や「やくらリゾート」（宮城県加美町）等の観光地があり、観光交流が促進される。

③【地域経済】自動車産業などの企業集積が進む仙台北部中核工業団地へのアクセスが容易となり、本県への企業誘致や県内企業への受注増加につながる。

④【雇用創出・定住促進】山形県北村山地域が、仙台北部中核工業団地の通勤圏となり、新たな雇用創出と定住促進につながる。

等、多くの効果が期待されている。



写真-7 銀山温泉（山形県尾花沢市）

6. 最後に

これまで誰も立ち入った事ない冬期閉鎖区間を開放するにあたり、様々な調査、検討、対策を行ってきた。貴重なご助言をいただいた関係者の方々へ改めて感謝申し上げるとともに、今後も気象観測データの蓄積や雪崩危険箇所の抽出等を行い、宮城県側と連携を図りながら管理計画の検証を行っていくことで、より適切な除雪の実施や安全対策等を進めていきたい。

\*1 山形県村山総合支庁建設部北村山道路計画課、 \*2 山形県県土整備部道路保全課

## 表題（雪に関する報償金制度）

### 副題（～雪との共生～）

著者名 弘前市 建設部 建設政策課 佐藤光麿

#### 1. 弘前市の概要

弘前市は、青森県の南西部、津軽平野の南部に位置する盆地状の内陸型地域で、総面積は 524.12 km<sup>2</sup>、人口は 176,401 人（H28. 1 月末）です。

「お城とさくらとりんごのまち」といわれている弘前市は、弘前藩 10 万石の城下町として栄えた歴史と伝統・文化のある街です。

昨年「お城の曳家」でマスコミを賑わした弘前城天守ですが、1627 年 9 月 5 日、落雷による火災で 5 層の弘前城天守閣が焼失しました。この年は元旦から大風が吹き、2 月には、大地震があり、6 月には稲虫が大発生、7 月には碓ヶ関古懸の不動尊が汗をかくなどの異変が立て続けに起こっていました。これは何かの祟りではと、2 代藩主津軽信牧公は、幕府の政治顧問で天台宗の天台大僧正に相談し、「弘前」と改名したといわれています。現在の 3 層の弘前城天守は 1811 年に 9 代藩主津軽寧親公によって完成しました。

弘前市の西には、「津軽富士」と称される青森県最高峰の岩木山（標高 1,625 ㍎）があります。しばしば「お」をつけて「お岩木山」とも呼ばれ、日本百名山および新日本百名山にも選定されています。



岩木山（「おいわきやま」とも呼ぶ）

#### 2. 弘前市雪対策総合プランの基本方針

当市では、平成 23・24 年度の 2 年連続の豪雪により、市民生活はもとより、農業や観光等、地元産業にも大きな影響を被りました。

一方、社会・経済情勢においては、少子高齢化や高度情報化の進展、個人の価値観やニーズの多様化、自動車利用率の

増加など、状況が変化してきています。

このような中、雪対策は、これまでのような重機による除排雪だけでは限界があり、市民のアンケート調査でも、雪対策に関する行政への満足度が低い状況にあります。

平成 25 年 3 月に策定した「弘前型スマートシティ構想」の中では、積雪寒冷地において安心して快適に生活できるよう、「雪の克服」から一歩進んだ「雪との共生」を方針の 1 つとして、雪対策の充実を目指すこととしました。

そのためには、総合的な雪対策が必要であり、除排雪、消融雪の効率化などハード面だけでなく、雪対策に利用できる既存施設の活用や雪置き場として市内の空き地の利用、さらに地域住民のコミュニティによる除排雪活動等の実現、また利雪・親雪による市民と行政の対話を基本にした意識改革など、ソフト面での雪対策に取り組むことにより、より大きな雪対策効果を目指す必要があります。

このようなことから、平成 26 年 3 月策定の「弘前市雪対策総合プラン」では、

#### 「安心して快適な活気あふれる

#### 雪との共生を目指したまちづくり」

を基本方針としました。

#### 3. 雪に関する報償金制度

冬期間における快適な市民生活の確保を目的に、町会等の活動に対して報償金を交付し、機械除雪が困難な道路における交通の確保を図っています。また弘前大学ボランティアセンターの「雪かたづけ隊」活動にも取り組んでいます。

##### （1）町会等除雪報償金

道幅が狭いため、市の除雪作業が行えない生活道路の除雪を行う町会等に対して、報償金を支給するものです。

- ・実施主体 町会・地域団体等
- ・対象となる道路 市が除雪作業を行わない生活道路
- ・平成 27 年度実績 実施町会 32 町会  
(延長 8,856m、1,594,080 円)

##### （2）地域除雪活動支援事業

町会等が個人所有の小型除雪機等を利用し、市の除雪作業に伴う寄せ雪によって道幅が狭くなった生活道路の拡幅や排雪を行う除雪活動に対して、報償金を支給する事業です。

- ・実施主体 町会・地域団体等

- ・対象となる道路 市が除雪作業を行う生活道路
- ・支給対象 小型除雪機の燃料費、及び除雪機械の燃料費と損害保険料
- ・平成 27 年度実績 実施町会 7 町会  
(延長 76,694m、従事者数 82 人)

### (3) 小型除雪機貸出制度

生活道路や通学路などの除雪を行う町会等に対して、小型除雪機（ハンドガイド）の貸出を行う制度です。

- ・実施主体 町会・PTA等
- ・対象となる道路 市道、県道、農道ほか
- ・平成 27 年度実績 稼働台数 66 台（64 町会）

### (4) 町会雪置き場事業

住宅地などで雪置き場の不足を解消するため、地域住民のための雪置き場として空き地を無償で提供した場合、この土地に係る翌年度の固定資産税及び都市計画税の 3 分の 1 以内を減免する事業です。

- ・空き地面積 概ね 200 m<sup>2</sup>以上の宅地
- ・利用期間 12 月 1 日～翌 3 月 31 日まで
- ・平成 27 年度実績 実施町会 24 町会  
(34 箇所、12,161 m<sup>2</sup>)

なお事業の条件として、空き地提供の際は、地元の町会長と貸借契約を結ぶこと、また雪解け後の空き地の清掃は、町会で行うこととしております。



### 4. 今後の取り組み

今後は、地域住民のコミュニティが主体となった除排雪活動等の拡大に向け、「町会等除雪報償金」や「地域除雪活動支援事業」を住民に周知していくとともに、担い手の確保や育成をより一層推進することで、地域住民による共助を進め、「安全で快適な雪国の暮らし」が実現できるよう、取り組んでまいります。



自由ヶ丘町会雪置き場

### (5) 『雪かたづけ隊』による通学路等の除雪

例年除雪の寄せ雪により、大きな雪山ができる場所では、歩行者は車道を歩かなければならない状態となるため、子供たちが安全に通行できるように、平成 23 年度から弘前大学ボランティアセンターの『雪かたづけ隊』が中心となって、地域住民と市職員による通学路の除雪作業を毎年実施しています。

# 気象条件が融雪運転時間へ与える影響について

菅原和久\*1・山田忠幸\*2・酢谷 浩\*2・徳永 透\*2

## 1. はじめに

NEXCO東日本東北支社管内の高速道路において、冬の雪氷対策に様々な施策が講じられている。その一つにロードヒーティング（以下「RH」とする）があり、主に除雪車両で除雪できないエリアであるトンネルの坑口や料金所に施設がある（写真1）。



写真1 RH現場

一般にRHは路面に降ってきた雪を溶かす融雪運転と思われがちだが、溶けた雪が再凍結することを防止する凍結防止も行っておりその運転時間についてはあまり実態が把握されていない。そこで、今回は融雪運転と凍結防止運転についてデータを収集し、気象条件とRH運転時間の関係について調査を行なった。

## 2. 調査概要

### 2.1 装置システム

従来の3要素融雪制御装置<気温、路温、水分>に代わるものとしてトンネル坑口に設置されている路面性状融雪制御装置<気温、路温、路面状況（乾燥、湿潤、シャーベット、積雪、凍結）、熱量算定値>に伝送装置及びWEBカメラを取付け、各種データをネット回線を介して伝送し各種データをサーバーに蓄積した。

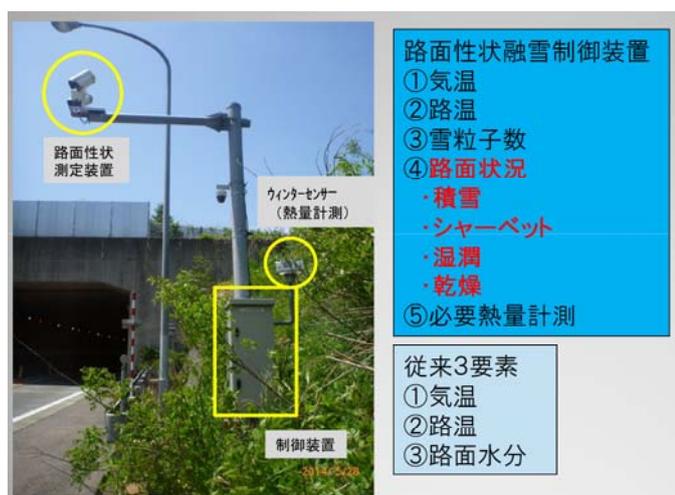


写真2 路面性状融雪制御装置

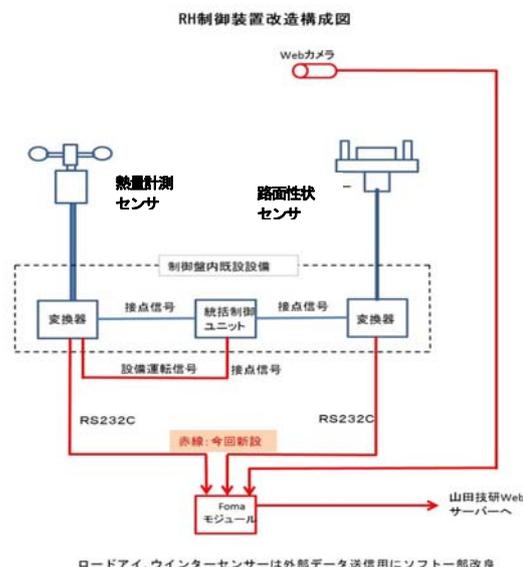


図1 システム図

### 2.2 調査概要

磐越自動車道高玉東トンネル～関都トンネルの5坑口のデータを平成26年度と平成27年度に蓄積し、融雪運転と凍結防止運転について集計を行った。また、路面状況画像も蓄積を行い数値の信頼度向上を図った。PCの監視画像を図2に示す。

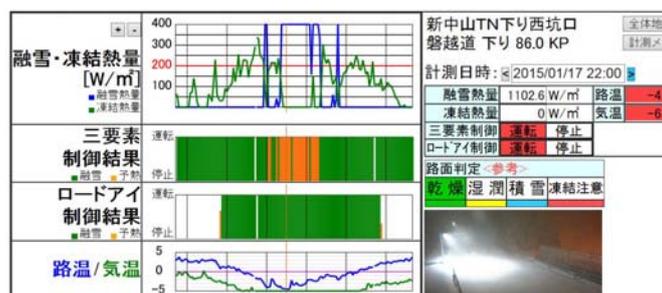


図2 PC表示画像

### 3. 調査詳細

蓄積した融雪及び凍結防止の熱量算定値を単位面積当たり集計した結果を図3に示す。なお、各年度の降雪深は平成26年度が約800cm、平成27年度は400cmの降雪状況であった（気象庁ホームページ猪苗代観測所資料より）。供給熱量は、高玉東トンネルから関都トンネルへと山岳地帯へ行くほど増加している。当該区間では全体的に融雪運転より凍結防止運転が多い傾向にあった。ただし、関都トンネル東坑口（上下線とも）のみは違う傾向であったためその要因

\*1 株式会社ネクスコ・エンジニアリング東北 \*2 山田技研株式会社

について検討することが気象条件と融雪運転時間の関係性を明らかにできると考えた。

以下に、単位面積当たりの年間供給熱量、関都トンネル両坑口地形図及び積雪状況を示す。

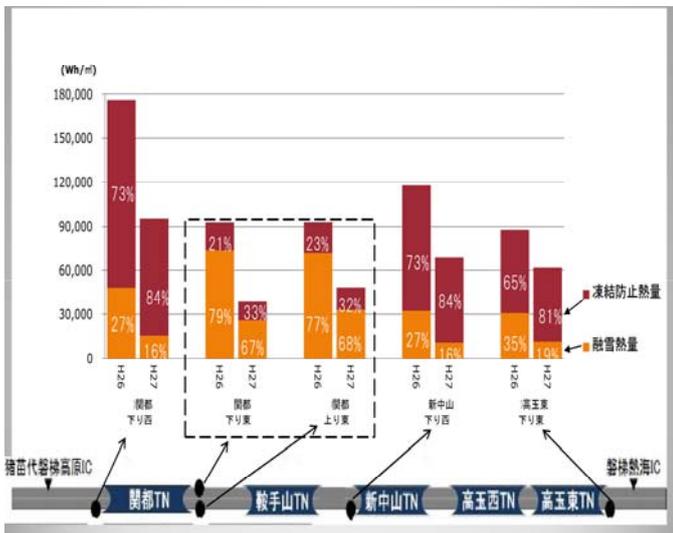


図3 単位面積当たりの年間供給熱量



図4 関都トンネル付近地形図

関都トンネル東坑口では西風が山に遮られ風が弱くなり雪が吹き溜まりになっていることがカメラ画像より確認できた。このことは関都トンネルの西坑口については風が強いため、雪が路面に積雪せず融雪運転が少なく又熱が奪われ凍結防止運転が多いことが推定された。関都トンネルの両坑口のRH運転としては凍結防止運転が多い傾向にあり、坑口における防風対策を行うことが路面管理と経済性に効果があることが分かる。ただし、経済性を検討する上では風速と運転時間の相関関係を求める必要がある。

凍結防止熱量は、

凍結防止熱量 = 対流伝達熱量 + 輻射熱量  
として表される。

対流伝達熱量とは、舗装と大気との温度差による熱を風の流れにより強制的に伝達する熱量である。また、輻射熱量とは電磁波（光）の一種として放射する熱量のことである。当該トンネル両坑口における気温はほぼ同じであり、凍結防止熱量の差は風速の違いによるものと判断できる。平成27年度の風速を過去の資料を参考にして予想すると凍結防止熱量と風速の関係は図6のようになる。

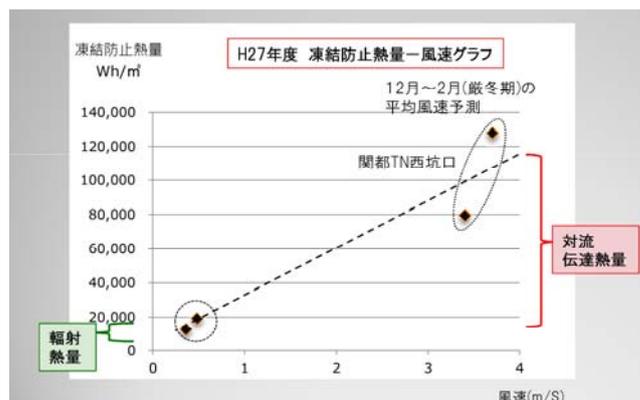


図6 平成27年度凍結防止運転—風速グラフ

対流伝達熱量は輻射熱量よりも全体に占める割合が大きかったことがわかった。ただし、傾向が掴めたが風速との相関関係については数値化できなかった。



図5 関都トンネル両坑口積雪状況

### 5. まとめ

路面性状値融雪制御装置の機能を活用してデータ分析を行うことにより、供用当初に画一的に設計された各融雪施設に対して路面管理の向上と効率的な対策の方向性が見えた。今回の成果として当該区間のRH運転時間は、風による影響から凍結防止運転が大半であることが分かった。今後、更に効果的かつ経済性を考慮した坑口部における路面管理を検討するため、風速と供給熱量の相関関係を調査する予定である。

# カメラ画像を活用した吹きだまり検知に関する技術開発について

正岡久明<sup>1</sup>, 星野洋<sup>1</sup>, 間山大輔<sup>1</sup>, 萩原亨<sup>2</sup>, 金田安弘<sup>3</sup>, 越後謙二<sup>3</sup>, 永田泰浩<sup>3</sup>

## 1. はじめに

北海道をはじめとする積雪寒冷地では、毎年のように大雪や暴風雪にともなう視程障害や吹きだまりによって大規模な道路交通障害が発生している。吹雪は長時間にわたる通行止めや車両の立ち往生、また多重衝突事故などの原因となっており、社会や生活に大きな影響を与えている。

吹雪による道路交通障害が大規模なものとなる要因のひとつとして、道路上に発生する吹きだまりを的確に把握できないことが挙げられる。その理由は、実道上の吹雪量やその継続時間、および道路構造、沿道環境、風上側の状況などが複雑に影響しているためである。

本研究は道路カメラの画像を分析して面的な吹雪状況を推計し、GPV 気象予報データ、および道路構造・沿道環境を加味して 24 時間先までの吹きだまりの発生とその深さを予測する技術開発であり、本論文はその研究成果を報告するものである。

## 2. 研究概要

本研究は、吹きだまりの発生を予測するための以下 3 つの要素技術について図- 1 に示すフィールドで平成 26・27 年度の 2 ヶ年実施した。

表- 1 要素技術

要素技術 I	道路カメラ画像を用いた面的吹雪量推計
要素技術 II	道路構造や沿道環境を加味した吹きだまり発生判定
要素技術 III	吹雪量による吹きだまり深さの推計

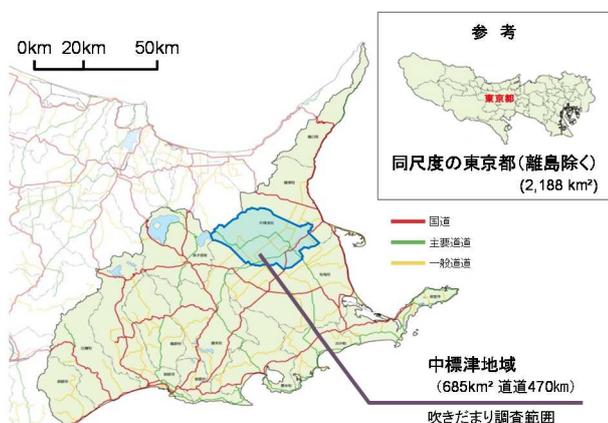


図- 1 研究フィールド

## 3. 道路カメラ画像を用いた面的吹雪量推計 (要素技術 I)

### 3-1 道路カメラ画像を用いた視程の推計

本技術を構成する基礎技術として、道路カメラ画像のコントラストから画像評価値 (WIPS) を算出し、視程を推計する技術を用いている。この技術について、永田 1) らによると、画像評価値 (WIPS) から算出した視程は目視による画像の評価と高い精度で一致していると報告されている。

図- 2は平成21年1月21日における国道244号、272号に設置された道路カメラの画像であり、目視では吹雪が発生し視程が200~300m程度となっている。上述の画像評価値 (WIPS) から求めた視程は、それぞれ266mと254mと推計され、ほぼ的確に推計できることが確認できた。



図- 2 平成 21 年 1 月 21 日の道路カメラ画像

### 3-2 空間内挿による視程の面的推計

カメラ画像から算出する視程を面的に展開するために、~3月10日にかけて対象エリアに6基の検証カメラを設置し (図- 3)、毎正時に画像撮影を行い、1,038データを取得した。なお、機器のエラーや夜間などで画像評価値 (WIPS) の把握ができないケースは除外している。

視程の検証は4段階のランクに分類し、画像評価値 (WIPS) から求めた視程の実測値と空間内挿によって求めた視程の推計値についてランクが一致しているかを評価した。

検証の結果を表-2に示す。同一のランクでの適中が約86%、1ランクの差を許容する広義の適中が約98%となっており、空間内挿による推計の有効性が示された。

### 3-3 視程から吹雪量への変換

吹雪による視程の低下と吹雪量の関係について、松澤<sup>1)</sup>らは、飛雪流量 $q$ と視程 $vis$ の関係を明らかにしており、次のような関係式を構築している。

\*<sup>1</sup>株式会社シー・イー・サービス <sup>2</sup>北海道大学大学院工学研究院 <sup>3</sup> (一社) 北海道開発技術センター

#### 4-1 分析に用いたデータ

吹きだまりの発生に影響を及ぼす道路構造・沿道環境の特徴を整理するため、北海道東中標津地域の道道32路線（延長470km）を対象とし、吹きだまりが発生する箇所、および吹きだまりが発生しない箇所を抽出した（図-4）。



図-4 吹きだまりの発生・非発生対象箇所

吹きだまり発生箇所は、地元除雪業者へのヒアリングを実施し、過去に北西風で吹きだまりが発生した箇所を抽出した。さらに、平成27年2月15日～19日に発生した暴風雪直後の現地調査で把握した吹きだまりの発生箇所を加え、合計101箇所を対象とした。

吹きだまり非発生箇所は、対象路線内を1kmピッチで機械的に抽出を行い、上述の発生点と重なった場合は除いて447箇所を対象とした。

#### 4-2 道路構造・沿道環境の考察

前述した吹きだまり発生箇所101箇所について、交通、道路、雪氷、気象など各分野の専門家の知見から道路構造・沿道環境の特徴について考察した。一例を図-5に示す。

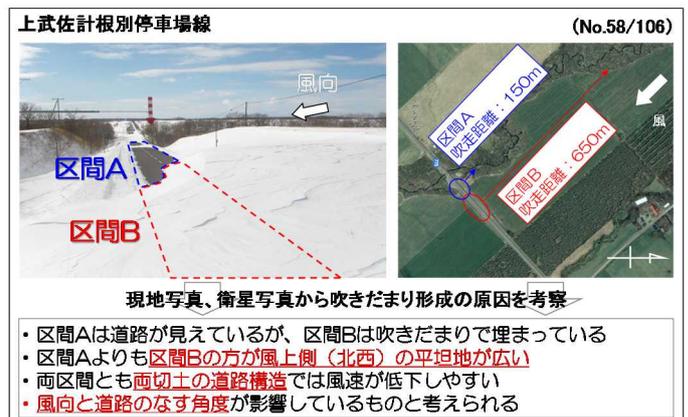


図-5 吹きだまり要因の考察事例

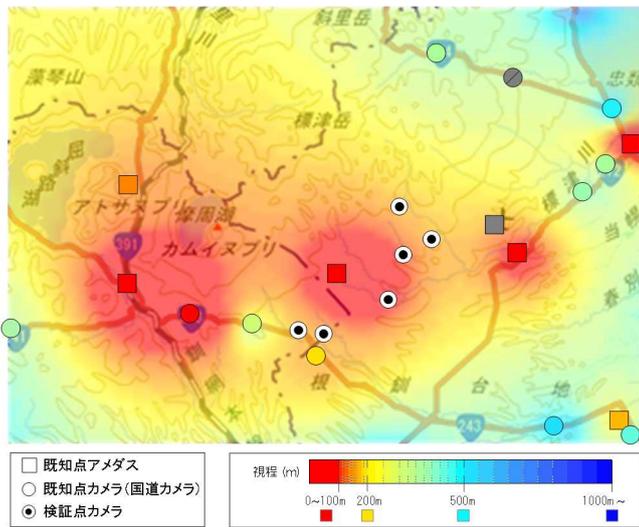


図-3 空間内挿結果および検証カメラ位置

表-2 実測値と推計値の検証

		推計値（空間内挿結果）			
		100m未満	100m以上 200m未満	200m以上 500m未満	500m以上
分析結果 （検証カメラ画像の 実測値）	100m未満	6	22	9	1
	100m以上 200m未満	7	28	28	6
	200m以上 500m未満	1	16	47	27
	500m以上	0	9	19	812
	合計	14	75	95	846

■：適中(893/1,038=86.0%) ■：広義の適中(1,012/1,038=97.5%)

$$vis = 10^{-0.886 \times \log(q) + 2.648} \quad (1)$$

また、飛雪流量 $q$ と吹雪量 $Q$ についても式(2)のように関係性が定義されている。

$$Q = \int q(z) dz \quad (2)$$

これらの既往研究の成果を組合せることで、カメラ画像から視程 $vis$ を求め、式(1)により飛雪流量 $q$ の算出を行い、さらに式(2)により吹雪量 $Q$ を求めることで、道路カメラ画像によって求めた視程から吹雪量に変換することが可能である。

面的に推計した1kmメッシュ視程値を上述による方法で吹雪量に変換することで、面的な吹雪量推計が可能になる。

さらに、カメラが設置されていない路線における吹雪量推計が可能となり、吹きだまりを的確にとらえるための基礎データとして活用が可能である。

#### 4. 道路構造や沿道環境を加味した吹きだまり発生判定（要素技術Ⅱ）

道路構造・沿道環境などの要因が吹きだまりの発生に与える影響を統計的手法により評価し、吹きだまりの発生を推計する技術の研究を行った。

(1) 分析手法

548 箇所データのデータを用い、その属性（道路構造・沿道環境）にもとづいて、統計的に吹きだまりの発生条件を分類する手法として判別分析を用いた。吹きだまり要因の関係性を可視化することが可能で、結果の妥当性を判断しやすい決定木分析を用いた。分析には統計解析ソフト「R version 3.1.2」mvpart モジュールを使用した。

(2) 平成 26・27 年度の分析結果

平成26年度、および平成27年度の分析に使用した吹きだまりの発生に影響していると考えられる道路構造・沿道環境の要因および適中率を表- 3に、平成27年度の決定分析結果として得られた樹形図を図- 6に示す。

表- 3 分析に使用した要因と適中率

吹きだまりの発生に与える要因			平成26年度	平成27年度
1	吹きだまりに影響する要素 (主に風上側条件)	吹走距離	○	○
2		風の収束要因	○	○
3	吹きだまりやすさに影響する要素 (道路構造・沿道条件)	道路と風のなす角度	○	○
4		道路構造及び周辺地盤との高低差	○	○
5		樹木	○	○
6	吹きだまりやすさに影響する要素 (道路構造・沿道条件)	家屋	-	-
7		防雪対策施設	○	○
8		地形・地物	-	-
9		雪堤の影響有無	-	○ (追加)
10		堆雪スペース	-	○ (追加)
吹きだまり発生の適中率 (発生データ 101箇所)			80.2%	92.1%
吹きだまり非発生の適中率 (非発生データ 447箇所)			97.8%	96.0%
全体適中率 (全データ 548箇所)			93.2%	96.9%

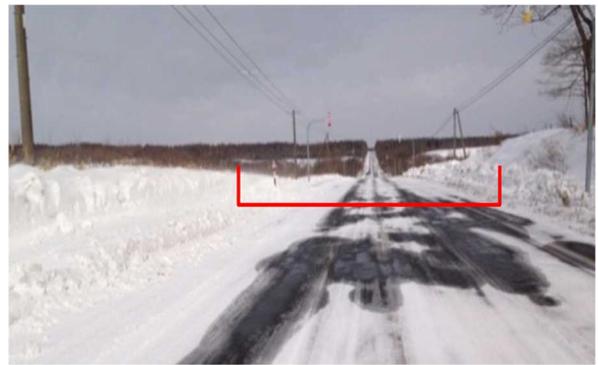


図- 7 雪堤の影響により吹きだまりが発生した事例



図- 8 十分な堆雪スペースがあり吹きだまりが生じない事例

と 12 箇所において道路構造、および周辺地盤との高低差が小さい箇所であることが明らかとなった。このような平坦区間では除雪作業による雪堤が生じ、見かけ上両切土となるために、正しく発生を判別できなかったことが想定される (図-7)。

このほか、447 箇所の非発生箇所において 10 箇所

平成26年度の分析において、101箇所の吹きだまり発生箇所のうち20箇所で誤判定が生じ、その原因を探る

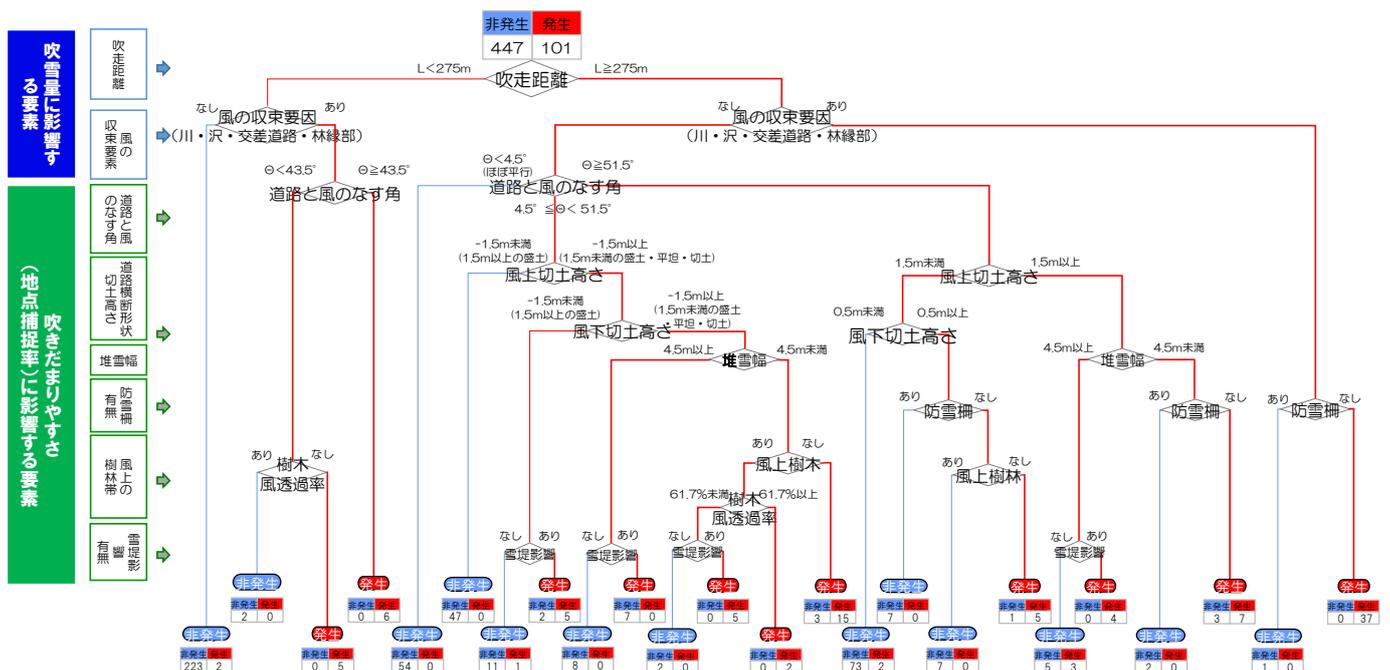


図- 6 決定木分析でえられた樹形図 (H27 分析)

誤判定が生じ、図-8 に示すように、両切土形状であるが、路側に十分な堆雪スペースが確保されている道路環境下においては、吹きだまりが発生しないことが確認された。平成 27 年度の分析では、上述 2 つの要因を追加し、決定木分析を実施した結果、吹きだまり発生の適中率を、80.2%から 92.5%に向上させることができた(表- 3)。

また、決定木分析の結果として得られた樹形図の上方の「吹雪量に影響する要素」では吹走距離、「吹きだまりやすさに影響する要素」では道路と風のなす角度が、最初の分岐条件として現れ影響が強いことがうかがえ、これまで経験的に考えられていた発生条件に近いことが確認された。

### 5. 吹雪量による吹きだまり深さの推計 (要素技術Ⅲ)

冬期道路管理を行ううえで、吹きだまり深さは除雪や通行止めの判断に重要であることから、本研究では吹雪量から吹きだまりの深さを推計する手法について研究を行った。

#### 5-1 分析に用いたデータ

平成 26・27 年度の 2 冬期に、中標津地域の道道 上武佐計根別停車場線の 3 地点において、積雪深計を設置し道路センターライン上の積雪深(吹きだまり深さ)を調査した。

平成 26 年度の 5 事例、平成 27 年度調査結果を加え、合計 40 事例の吹きだまりの発生過程のデータを得ることができた。調査期間中もっとも顕著な事例を図-9 に示す。約 5 時間で 147 cm の吹きだまりが発生したものである。

なお、図中の吹雪量は調査エリア近辺のアメダス上標津の観測値を用い、既往の手法<sup>2)</sup>により求めた。

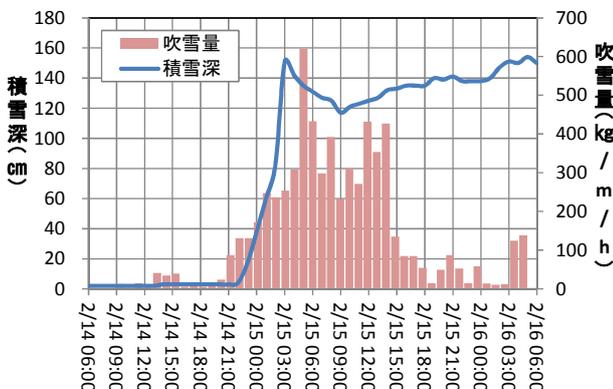


図- 9 調査により得られた吹きだまり発生過程

#### 5-2 吹雪量と吹きだまり深さの関係式の構築

実道調査の結果から、吹雪量-吹きだまり深さの散布図を図-10 に示す。吹雪量と吹きだまり深さの間には

相関が見られ、回帰分析の結果、平成 26 年度 5 事例での決定係数は約 0.80、平成 27 年度を合わせた 40 事例で決定係数は約 0.89 に向上し、関係式の信頼性が向上した。

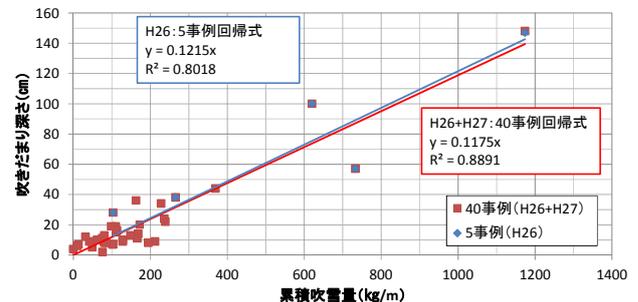


図- 10 吹雪量-吹きだまり深さの散布図

### 6 実道における吹きだまり判定技術の検証

本技術の実道への適用性を確認するため、図- 11 に示す研究対象地域の道道 中標津標茶線 (KP18.4~26.4) で検証を実施した。

検証の対象日は雪堤の影響のない日として平成 28 年 1 月 19 日、雪堤の影響のある日として平成 28 年 2 月 21 日を抽出した。なお、両日の吹雪量は同程度、風向は同一であり、気象条件に差はない(表- 4)。



図- 11 検証対象路線および区間 (延長 L=8km)

表- 4 気象概況および吹きだまり発生延長

	1月19日 (雪堤の影響無)	2月21日 (雪堤の影響有)
直前の雪堤高さ(KP25.8付近)	約 10cm	約 50cm
降水量	16.0mm	15.0mm
最多風向	北東	北東
平均風速	5.5m/s	3.6m/s
調査延長	8.0km	
吹きだまり発生延長	3.0km	5.2km

※気象条件は吹雪発生から除雪(調査)実施までの集計値

#### 6-1 検証方法

検証は、本技術による吹きだまり発生判定結果と、実道で吹きだまりの発生した区間を比較した。

吹きだまりの発生判定は、対象路線を 100m 区間に分割し、区間ごとの道路構造・沿道環境、および検証対象日の気象条件を基に、樹形図により判定した(表- 5 上段)。

表- 5 吹きだまり発生判定結果と実道の吹きだまり（雪堤の影響なし・あり）

	雪堤の影響なし(1月19日)	雪堤の影響あり(2月21日)
吹きだまり発生判定結果		
実道の吹きだまり発生区間		

実道の吹きだまりの発生は、検証対象日に除雪車に搭載したドライブレコーダーの映像から目視により把握した（表- 5 下段）。検証のイメージを図-12に示す。

### 6-2 検証結果

吹きだまり発生判定結果と実道の吹きだまり発生区間の適中率を雪堤の影響の有無別に表- 6 に示す。

検証の結果、雪堤の影響のない場合、ある場合ともに、8割以上の精度で実道の吹きだまりの発生・非発生を適中でできており、本技術の適用可能性を確認できた。

### 7. 今後の展望

本稿では、これまで困難であった道路上に発生する吹きだまりの的確な予測手法の研究成果について報告した。各要素技術は実道での検証を行い一定程度の適中率、適用可能性を得ることができた（図- 13）。

今冬は、各要素技術を一体化し、GPV 気象予報データを加えて、24 時間先の吹きだまり深さを予測可能な技術として、試行的に北海道東中標津地域の3路線で吹きだまりや視程障害についての情報提供を行い、課題の抽出や精度の検証・向上に取り組む予定である。

本研究の成果が実用化され、面的な吹雪状況や吹きだまりの把握、および予測が可能となれば、パトロールや除雪出動の判断、パトロール時に注意する区間の参考情報など、日常的な冬期道路管理に活用が可能である。さらに、暴風雪のような異常時には通行規制の判断や除雪作業に要する時間の参考などにも活用可能である。

また、道路利用者にとっても、吹きだまりや視程障害の情報は、安全なルート選択や外出判断などの重要な情報となりうると考えている。

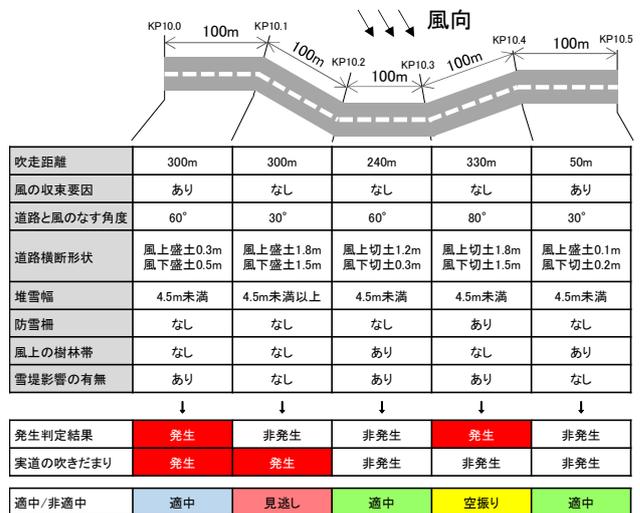


図- 12 発生判定および検証のイメージ

表- 6 吹きだまり発生判定と実道の吹きだまりの適中率（雪堤の影響なし・影響あり）

調査延長 8.0km	吹きだまり発生判定				
	雪堤の影響なし		雪堤の影響あり		
	発生	非発生	発生	非発生	
実道の 吹きだまり	発生	2.1km (適中)	0.9km (見逃し)	4.8km (適中)	0.4km (見逃し)
	非発生	0.5km (空振り)	4.5km (適中)	0.6km (空振り)	2.2km (適中)
適中率	82.5%		87.5%		

雪堤の影響なし：82.5%=(2.1+4.5)/8.0 雪堤の影響あり：87.5%=(4.8+2.2)/8.0

### 8. おわりに

本技術開発は、国土交通省建設技術研究開発助成制度における政策課題解決型技術開発公募の助成を受けて実施したものである。

本技術開発を進めるプロセスでは、産学官連携による委員会（北海道大学、北見工業大学、北海道開発局、

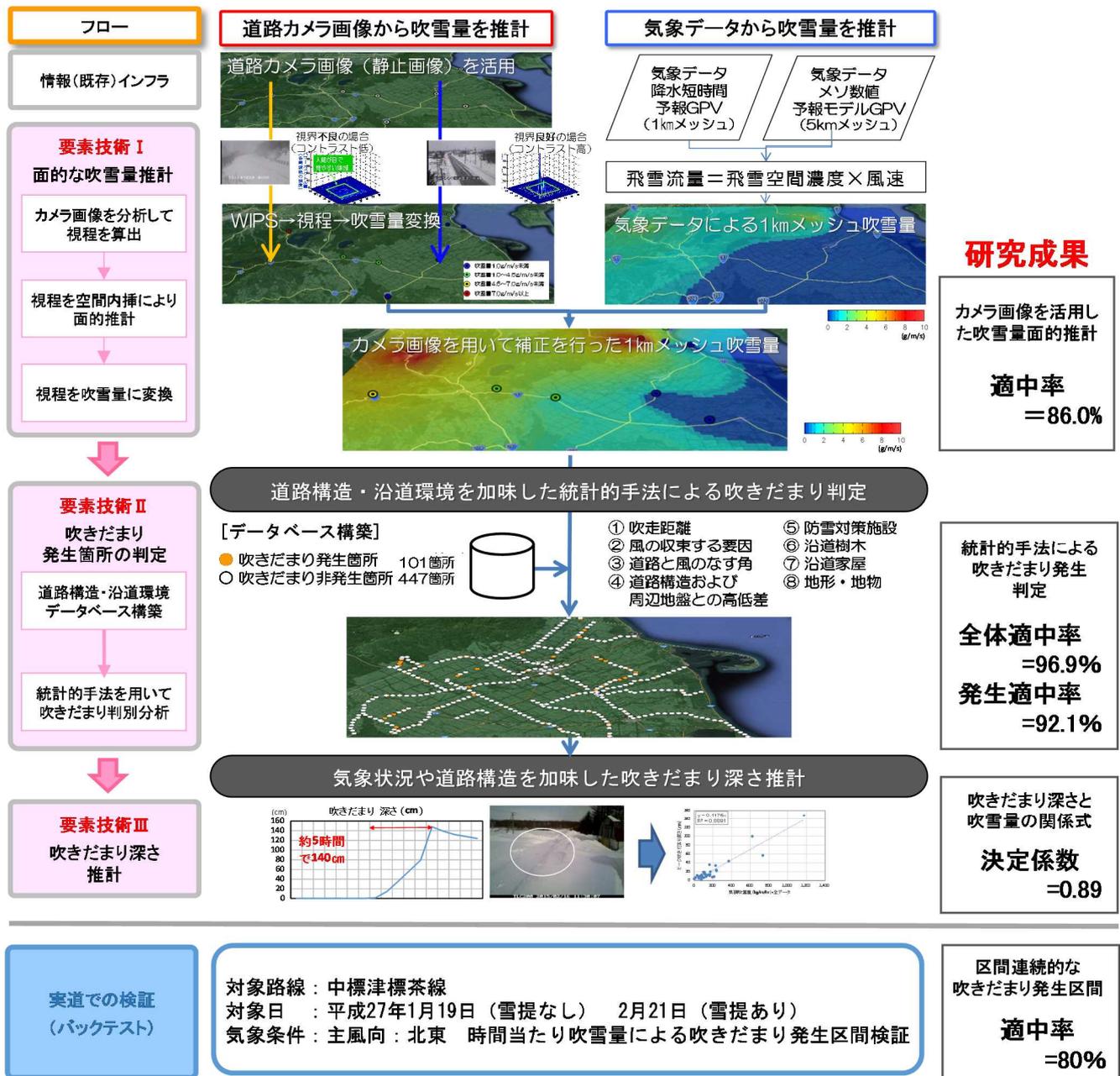


図-13 本研究開発の全体構成と成果

北海道建設部、土木研究所寒地土木研究所、日本気象協会北海道支社、北海道開発技術センター、シー・イー・サービスで構成)を開催し、委員および委員の組織の皆様から多くのご指導・ご助言をいただき、実効性の高い検討が効果的に進められたことに感謝を申し上げる。

<引用文献>

- 1) 道路監視用 CCTV カメラの画像を利用した視認性情報システムの実用可能性についての研究, 機関誌「交通工学」, Vol. 44, No. 3, pp. 89-99 (2009) (永田泰浩, 萩原亨, 金田安弘, 荒木啓司, 佐々木博一)

- 2) 暴風雪による吹雪視程障害予測技術の開発に関する研究—運営費交付金(平23~平27)(寒地道路研究グループ:松澤勝, 國分徹哉, 武知洋太, 原田裕介, 大宮哲)
- 3) 降雪を考慮した全層吹雪量の推定手法に関する研究, 北海道の雪氷 No. 30 (2011) (寒地土木研究所:松澤勝)
- 4) 道路カメラ画像を活用した吹雪量推計および道路構造・沿道環境を考慮した吹きだまり推計技術の開発, 第31回寒地技術シンポジウム(2015) (正岡久明, 星野洋, 間山大輔, 萩原亨, 金田安弘, 越後謙二, 永田泰浩)
- 5) 道路吹雪対策マニュアル平成23年改訂版, 発行:独立行政法人土木研究所寒地土木研究所, 発行年:平成23年3月