

# 吹き払い柵の防雪機能と積雪深の関係について

渡邊崇史, 金子学, 松澤勝\*1

## 1. はじめに

北海道の国道では、吹雪による視程障害が道路交通に与える影響が大きく、多数の車両が立ち往生する吹雪災害が発生している。このような吹雪への対策として、道路管理者による防雪柵の整備が進められてきており、上下二車線の道路には、道路敷地内に設置可能な吹き払い柵(写真-1)が用いられることが多い。吹き払い柵は、視程障害対策に用いられる施設で、傾斜した複数の防雪板により風の流れを下向きに変え、ドライバー目線での飛雪を減らし、視程障害を緩和する。柵を通過した飛雪は道路上に吹き付けられるが、同時に、高さ1m程度の下部間隙から吹き出す強風により道路上の雪を吹き払う(以降、視程障害緩和機能と吹き払い機能をあわせて防雪機能と呼ぶ)ものである(図-1)。しかし、多雪地域では、積雪により下部間隙が狭められ、吹き払い機能が低下し、道路上に吹きだまりをつくるため、適用できない<sup>1)</sup>。また、吹き払い柵の下部間隙がどの程度埋まった時に、どの程度の防雪機能を有するのかについては定量的に明らかではない。そこで、本研究では、当研究所が北海道石狩市郊外に所有する石狩吹雪実験場(図-2)に設置した吹き払い柵周辺について現地観測を行い、積雪深が吹き払い柵の防雪機能に及ぼす影響について調査したので報告する。



写真-1 吹き払い柵の設置状況

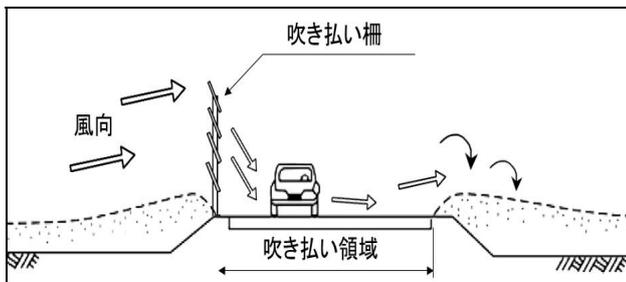


図-1 吹き払い柵の防雪機能のイメージ



図-2 石狩吹雪実験場位置図

(国土地理院電子国土webシステムを利用)

## 2. 観測方法

観測位置の詳細、および観測機器の配置について図-3 と図-4 に示す。現地の気象状況を把握するため防雪柵の風上側に基準となる観測点(基準点)を設け、積雪深とドライバーの視線高さを想定した高さ 1.5m の位置での風向・風速の観測を行った。また、吹き払い柵の防雪機能を把握するため、吹き払い柵設置箇所の2車線道路について、道路風上側路側(柵風下側 1.5m の地点)と、道路風下側路側(柵風下側 10.5m の地点)で、下部間隙の中心の高さ(0.5m)と、ドライバーの視線高さ(1.5m)での風向・風速の観測を行った。観測は 2011 年度冬期に実施したが、道路風下側路側については、2012 年 1 月以降は吹きだまりに風速計が埋没したため、データを取得できていない。

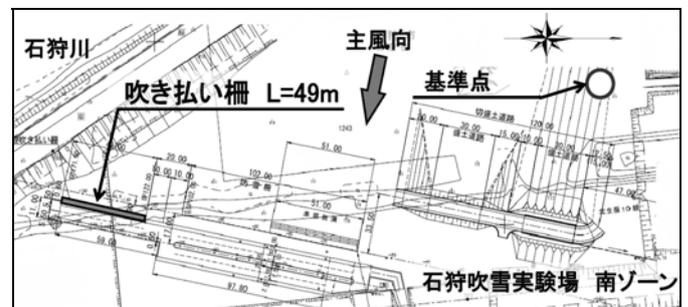


図-3 観測位置の詳細

\* 1 (独)土木研究所寒地土木研究所

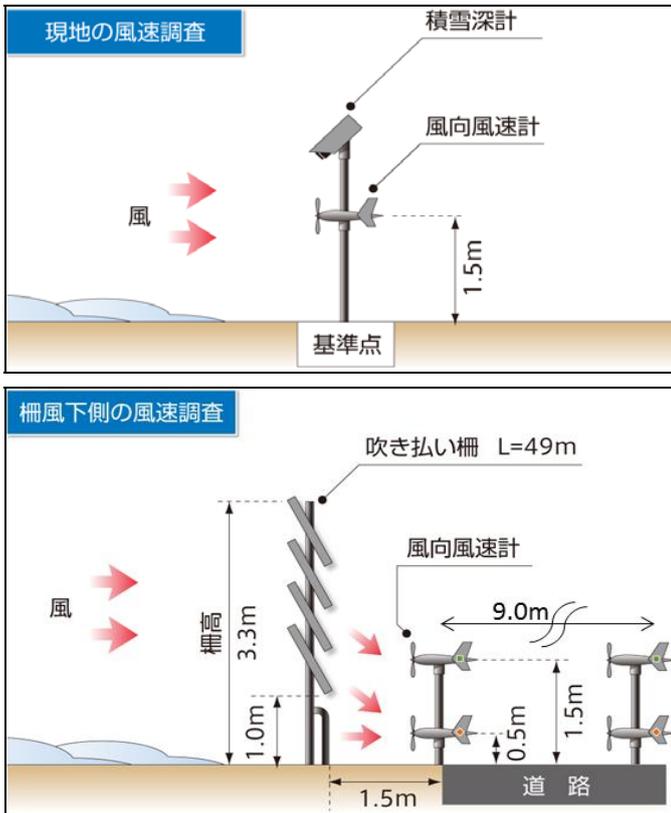


図-4 観測機器配置図

### 3. 観測データ抽出

吹き払い柵は、柵に対して主風向が概ね直交する場合に有効であり、風が弱い地域の場合には適用できない形式である。このため、観測データから基準点の風向が防雪柵に対し概ね直角(16方位で直角±1方位以内)で、5m/s以上の風速(10分平均値)が概ね6時間以上連続した際のデータを選び、基準点の積雪深が小さい場合から、吹き払い柵の下部間隙の高さ(1m)を超えるまでの7回の事例を抽出し、これらの観測データを用いて積雪深と吹き払い柵の防雪機能の関係について調査した。

### 4. 調査結果

#### 4. 1. 道路風上側路側(柵の風下側 1.5m)の風速について

基準点風速と道路風上側路側(柵の風下側 1.5m)の地点の風速の関係について、基準点の積雪深が 27cm、53cm、83cm、126cm の異なる 4 例を図-5~8 に示す。

下部間隙の中心の高さ(0.5m)の風速と基準点風速とは、概ね比例する関係が見られた。また、下部間隙の中心の高さの風速は、積雪深の増加とともに低下する傾向にあり、積雪深が最も小さい27cmの例(図-5)で基準点風速の約1.8倍と最も大きく、積雪深53cmの例(図-6)では風速がわずかに低下し、積雪深83cmの例(図-7)では基準点風速とほぼ同程度となり、積雪深126cmの例(図-8)では基準点風速を下回っていた。

次に、ドライバーの視線高さ(1.5m)の風速と基準点風速と

の関係は明確でなく、風速のばらつきが大きかった。また、積雪深の小さい27cmの例では風速は最大で5m/s程度、積雪深の大きい126cmの例では風速が最大で3m/s程度と、積雪深の増加に伴ってやや低下する傾向が見られた。

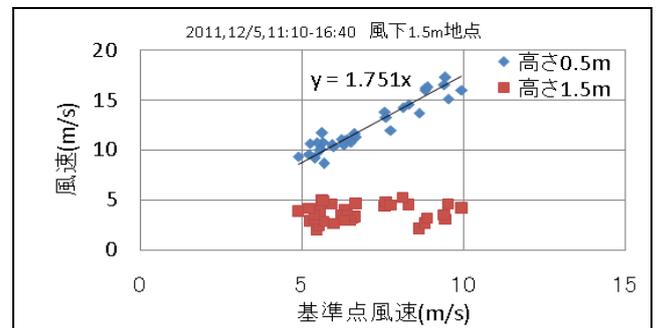


図-5 積雪深27cm時の風速

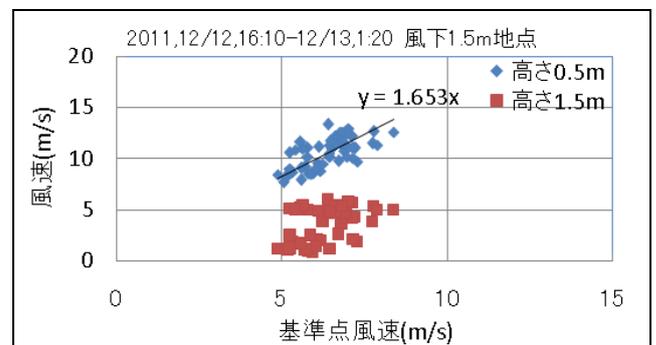


図-6 積雪深53cm時の風速

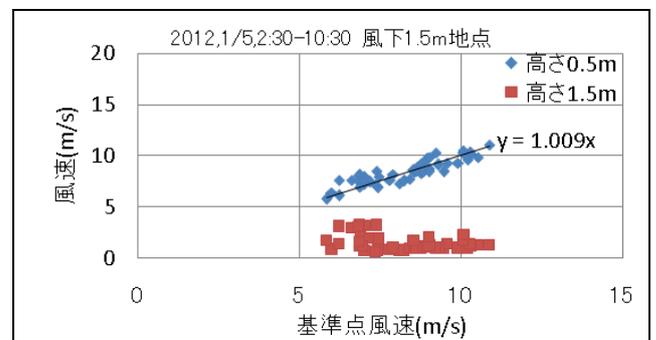


図-7 積雪深83cm時の風速

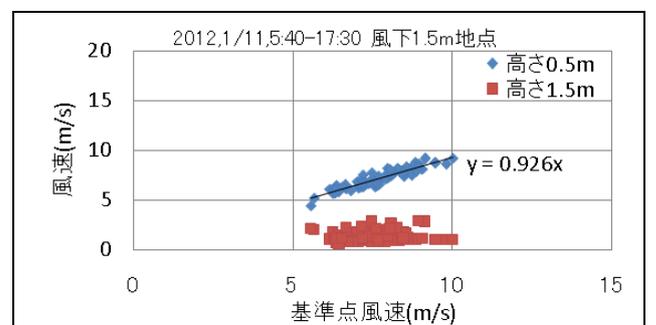


図-8 積雪深126cm時の風速

#### 4. 2. 積雪深と防雪機能の関係について

図-9 は、吹き払い柵風下側 1.5m 地点の風速と基準点風速の比(以降、風速比と呼ぶ)を 1 事例ごとに平均したものと、

積雪深との関係を示したものである。図中、風速比の平均値の近似直線と、1 事例毎の最大から最小値の範囲を併記した。高さ 0.5m の風速比が 1 を超える領域では、風が強められることにより吹き払い効果を発揮すると考えられる。下部間隙の中心の高さの風速は、積雪深の増加とともに低下し、積雪深 100cm 以上では基準点風速を下回った。高さ 1.5m では、平均の風速比が約 0.5 以下と低く、これにより空間を流れる雪粒子の量(飛雪流量)が抑制されるため、視程障害の緩和に効果があると考えられる。吹き払い柵の適用条件として、現行のマニュアル<sup>1)</sup>では積雪深 1.0~1.5m では要検討とされる。これは、路面近傍の風速が低下することで、防雪板を通り抜けた飛雪が道路に吹きだまりを作り易くなるためである。今回の結果はこのことを裏付けるものである。

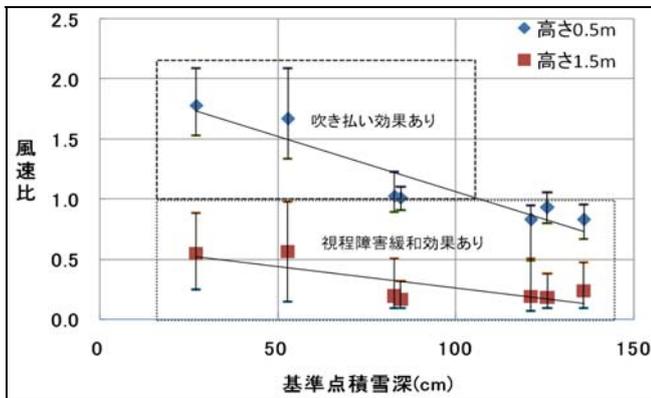


図-9 積雪深と風速比の関係

#### 4. 3. 道路風下側路側の風速について

基準点風速と道路風下側路側(柵の風下側 10.5m の地点)の風速の関係について、基準点の積雪深が 27cm と 53cm の事例を図-10 と図-11 に示す。なお、前述したとおり、積雪深の増加に伴い吹きだまりに風速計が埋没したため、観測データは 2 事例のみとなっている。下部間隙の中心の高さ(0.5m)の風速は、基準点風速と概ね比例する傾向にあった。この位置の風速は、積雪深が 27cm の例(図-10)では基準点風速の約 0.6 倍、積雪深 53cm の例(図-11)では基準点風速の約 0.5 倍と、積雪深の増加とともに低下する傾向が見られた。また、ドライバーの視線高さ(1.5m)の風速には、ばらつきが大きく、基準点風速との関係は明確ではなかった。

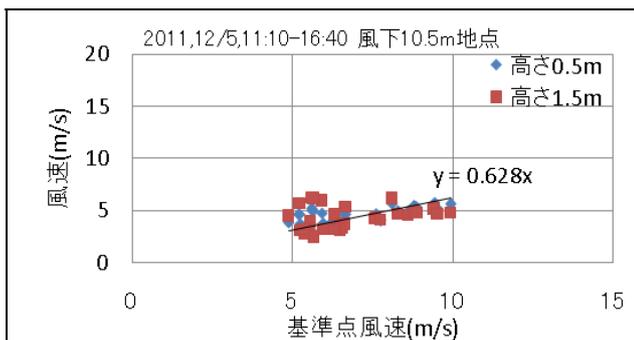


図-10 積雪深27cm時の風速

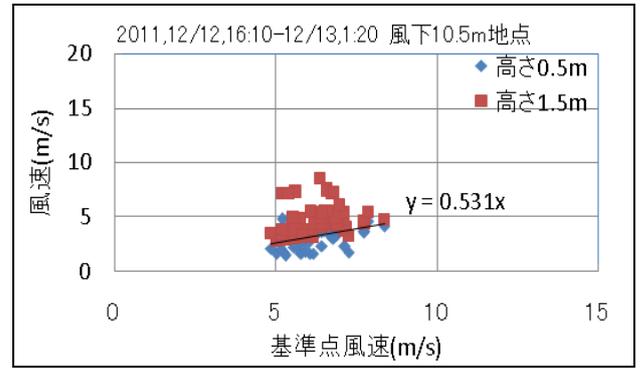


図-11 積雪深53cm時の風速

#### 4. 4. 吹き払い柵の防雪機能の及ぶ範囲について

図-10 と図-11 に示した 2 つの事例について、高さ 0.5m の風速と基準点との風速比と、吹き払い柵からの距離の関係について図-12 に示す。図中、風速比の平均値と最大から最小値の範囲を併記した。なお、積雪深 27cm と 53cm のグラフの重なりを避けるため、積雪深 53cm のグラフをやや右側に表示した。

下部間隙の中心の高さの風速比は、積雪深が27cmの場合、道路風上側路側(柵風下側1.5m地点)では約1.8、道路風下側路側(柵風下側10.5m地点)では約0.6となっていた。道路風下側路側付近では風速比が1を下回ることから、吹き払い効果は期待できない。一般に、吹き払い柵の吹き払い領域は2車線程度と言われているが、本観測でも同様の結果となった。また、積雪深が53cmに増加した場合には、風速比がやや低下するものの、その程度は小さく防雪効果の低下への影響はわずかであると考えられる。今後は、さらに詳細な観測を行い、下部間隙の閉塞状況が防雪効果に及ぼす影響について明らかにしたい。

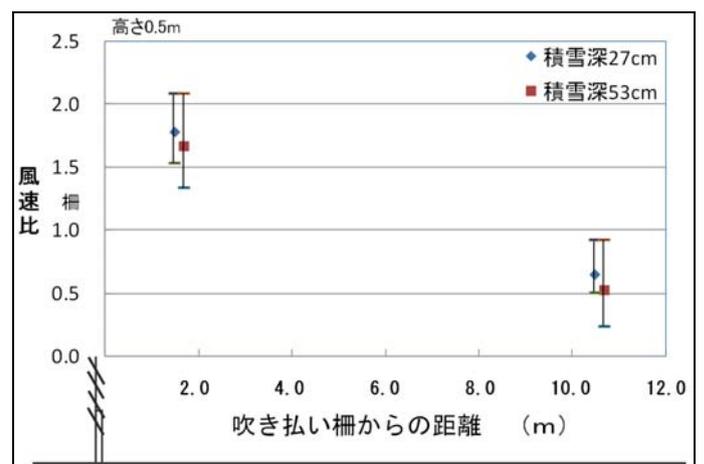


図-12 吹き払い柵からの距離と風速比の関係

## 5. おわりに

本研究では、積雪深が吹き払い柵の防雪機能に及ぼす影響について調査するため、石狩吹雪実験場内に設置した吹き払い柵について、積雪深と風速の観測を行った。その結果、吹き払い柵は積雪深が小さい場合には、下部間隙を通過する強風により吹き払い効果を発揮するものの、積雪深の増加とともに吹き払い効果が低下する傾向が見られた。吹き払い柵の積雪の多い地域への適用には注意が必要である。

## 参考文献

- 1) (独)土木研究所寒地土木研究所, 2011 :  
道路吹雪対策マニュアル(平成 23 年改訂版)  
( [http://www2.ceri.go.jp/fubuki\\_manual/](http://www2.ceri.go.jp/fubuki_manual/) )

# 道路防雪林における生育基盤の物性と生育状況について

下道 純\*1、高玉 波夫\*1、佐藤 睦治\*1

## 1. はじめに

道路防雪林は、道路の風上側または両側に林帯を造成し、風速を減じさせ吹雪による吹きだまりや視程障害を緩和させる防雪施設である<sup>1)</sup>

現在、防雪林は道路事業において最初の造成から 30 年が経過し、80 km 以上（道内国道）が造成済みで、現在も造成中である。しかし、初期成長期に生育が遅い防雪林あることが指摘されている。そこで生育基盤の物性に着目し道北地域 5 箇所の防雪林について調査を実施した。

これまで行った道北地域における道路防雪林の生育基盤由来の生育不良要因、特に土壌の物性と生育状況に関する調査では試孔掘削による土壌断面調査結果<sup>8)9)</sup>によれば、比較的浅い層（深度 40 cm 迄）の土壌密度と生育状況との間に相関性が見られ深度により土壌の物性にあまり差が生じていなかった事から地表部の調査でも同様な傾向があるものと考えた。

本文では、地表部でも比較的容易に実施でき生育基盤の健全度判定の目安となる調査方法、および生育基盤として望ましい規格の検討を行なった。

## 2. 調査箇所抽出及び調査項目

図 1 に過年度に試掘調査を行った箇所（黒文字）及び地表部だけの調査を行った箇所（青文字）を示す。



図 1 道北地域の防雪林分布と調査箇所

調査箇所の選定条件を以下に上げる。

- ①樹高 10m 未満の保育期後期から育成期中期（概ね植栽経過年数 10～25 年）である。
- ②傾斜地、法面以外の平坦地で現地調査が容易である。
- ③植栽の時期にある程度幅がある。

## ④地域的にバランスをとる。

検討の結果、D～H の防雪林を抽出した。

図 2 に調査箇所概要図を示す。

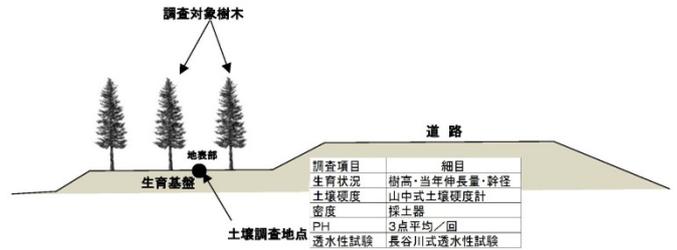


図 2 調査箇所概要図

## 3. 調査結果

### 3-1. 生育状況の評価

図 3 に各調査地点の当年伸長量、年平均成長量を示す。図中D-1～H-5 は各々の調査地点である。年平均成長量の算出にあたり、D 防雪林の植栽年はH3～H7 (1991～1995) の中央値をとりH5 (1993)、植栽時の樹高は不明のため、これまでの調査<sup>9)</sup>における幼木の平均的な値として 1.0m と設定した。また、G-4 は植栽時の樹高が設定出来なかったため年平均成長量は算出していない。

保育期の H-3、H-4 地点を除き、年平均成長量は 0.2m/y 前後、当年伸長量は 0.4m 程度以上あり、成長量から判断すると生育は概ね良好と思われる。

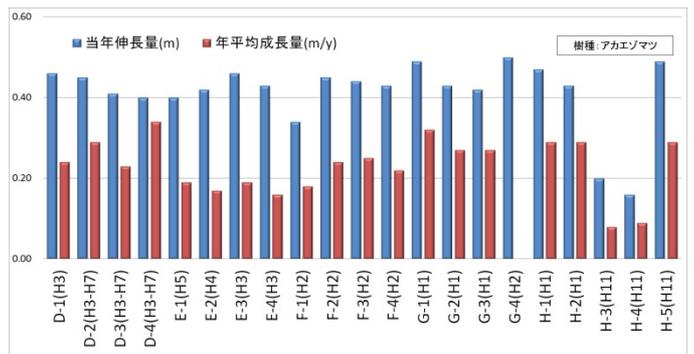


図 3 各調査地点の当年伸長量・年平均成長量

成長量だけではなく、葉・幹・枝の外観的な調査も含めて E-2、H-4 地点はランク 3-1～4、H-3 はランク 2 と評価した。E-2 地点（写真 1）では、頂部が枯死している樹木が見られ葉の色は淡緑色で若干赤みがあり葉長もやや短く 7～8mm 程度で着葉している枝に偏りが見られた。H-3 地点（写真 2）では、植栽初期のストレスのためか途中に寸詰まりが見られた。H-4 地点（写真 2）では、一部

\*1 独立行政法人 土木研究所 寒地土木研究所 道北支所

側芽に枯死や枝枯れが見られた。隣接する同時期に植栽されたH-5地点(写真3)と比べ違いが顕著であった。



写真1 生育状況 (E-2)



写真2 生育状況 (左: H-3, 右: H-4)



写真3 生育状況 H-5

### 3-2. 幹径と樹高の関係

図4に今回調査したD・E・F・G・H防雪林を含む6箇所の防雪林における幹径と樹高の関係を示す。B・C防雪林は平成20年(2008)から平成22年(2010)までの調査結果によるものである。樹種はB防雪林のヨーロッパトウヒを除きアカエゾマツである。幹径を説明変数、樹高を従属変数として線形近似による回帰分析を行った結果、決定係数が高く有意水準も1%未満であり、幹径から樹高を推定することは可能であると判断される。

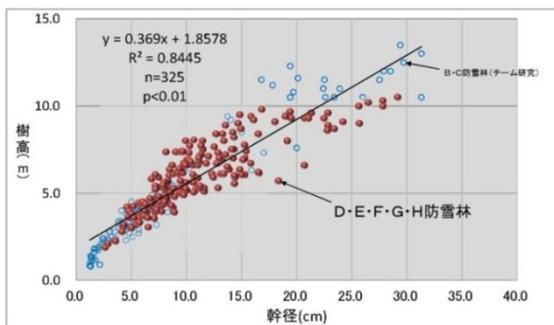


図4 幹径と樹高の関係

### 3-3. 土壌硬度と生育状況

図5に土壌硬度と年平均成長量の関係を示す。根系発達に阻害なしとされる土壌硬度は20~11 mm<sup>6)</sup>でありやや成長が遅いE-4地点以外はこの範囲内に収まっているが、土壌硬度と年平均成長量との間に特に関係は認められなかった。

### 3-4. 土壌密度と生育状況

図6に採土器による土壌密度と年平均成長量の関係について示す。土壌密度が大きくなるほど年平均成長量は小さくなる傾向が見られた。これは試孔掘削による土壌断面調査結果<sup>8)9)</sup>と同様な傾向である。樹齢の違いや土壌密度以外の要因も考えられるが、土壌密度が生育に影響を与えていることが窺える。また、外観的に生育不良の症状が見られたE-2、H-3、H-4地点の土壌密度は大きく、3点とも1.6 g/cm<sup>3</sup>を超えていた。

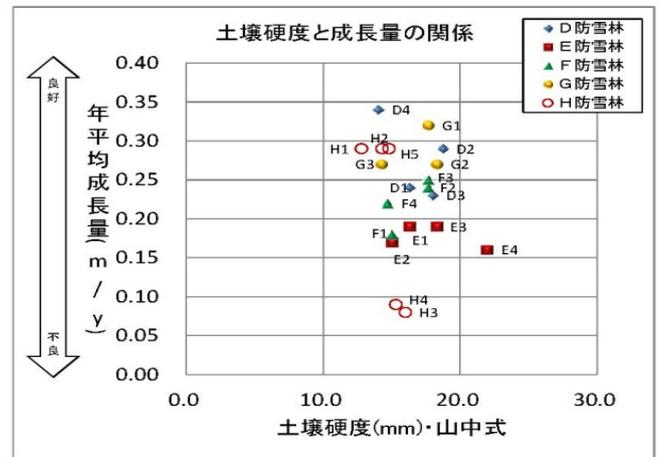


図5 土壌硬度と成長量の関係

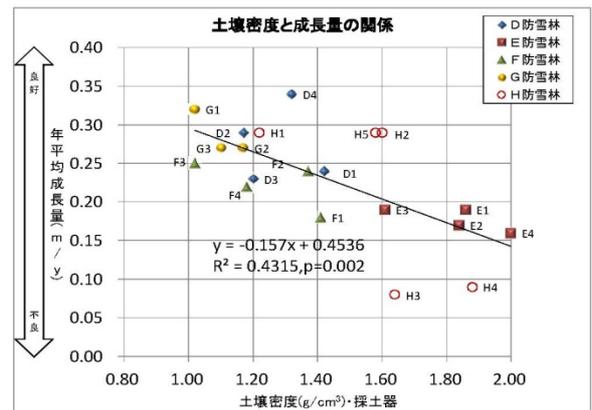


図6 土壌密度と成長量の関係

### 3-5 透水性と生育状況

図7に簡易透水性試験による減水速度と年平均成長量の関係を、図8に減水速度による透水性の評価区分による年平均成長量の違いを示す。評価区分は「植栽基盤整備技術マニュアル」の判断基準値(表1)による。透水性が良くなるほど年平均成長量は大きくなる傾向は見ら

れるが相関は強くはなかった。H-3 地点の透水性は良好と判断されるが、土壌密度が大きいいため生育が良くない可能性がある。また、生育不良の症状が見られたE-2、H-4 地点は透水性不良だけでなく密度も  $1.6\text{g/cm}^3$  を超えており不良要因としては土壌密度と透水性（排水性）の両方に問題がある可能性が高い。

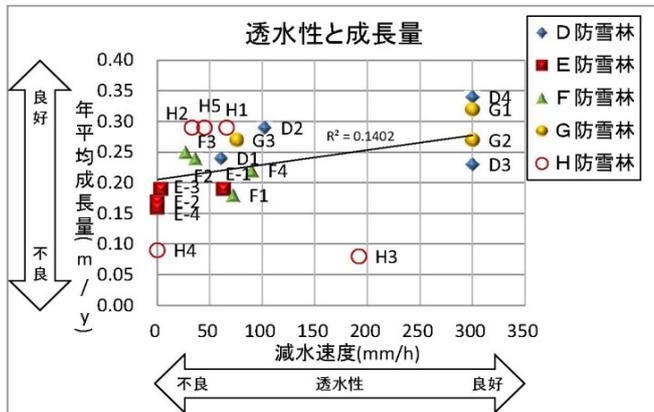


図7 透水性と成長量の関係

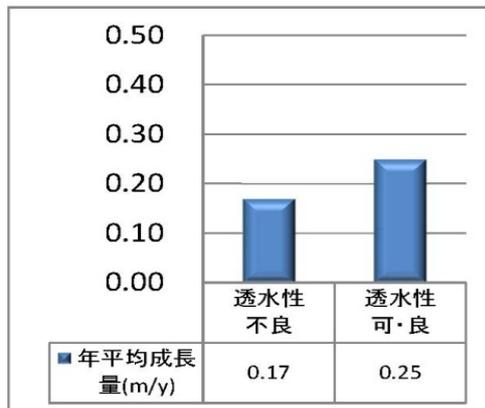


図8 減水速度と成長量の関係

表1 減水速度の判断基準<sup>5)</sup>

評価	不良	可	良
減水速度(mm/h)	30以下	30~100	100以上

### 3-6 pH 値と生育状況

今回調査した 16 地点 (H防雪林を除く) の土壌pH値は 5.8~6.9 の範囲に分布していた。植栽として望ましいとされる範囲<sup>6)</sup> (5.6~6.8) にほぼ入っており生育に影響を及ぼすような値ではなかった。

## 4. 考察とまとめ

今回の調査結果から採土器による土壌密度と生育状況の間に有意な傾向が認められた。これはこれまでの試孔掘削による土壌断面調査結果<sup>8)9)</sup>と同様な傾向であり、地表部の調査においても土壌密度が大きくなるにつれて年平均成長量が小さくなることが確認された。要因として試孔による土壌断面調査において比較的浅い層(深度 40

cm迄) の土壌密度と生育状況との間に相関性が見られたことや道路防雪林が人工的に造成された基盤であり比較的均一の土壌であることが考えられる。また、採土器は現場の土壌を手動で試料しその場で簡単に測定出来るので簡易な調査法としても効果的である。

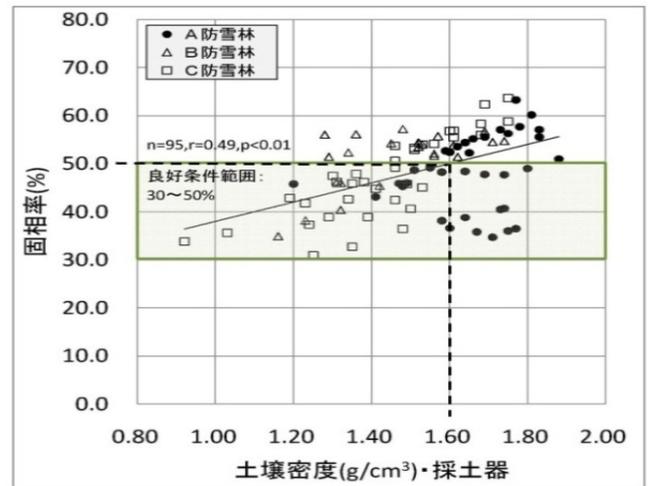


図9 土壌密度と固相率の関係<sup>9)</sup>

図9にこれまでの土壌断面調査結果<sup>8)9)</sup>による土壌密度と三相比の内の固相率との関係を示す。「道路緑化基準・同解説」<sup>7)</sup>によると根群伸長良好条件の範囲としてとして固相率は 30~50%とされている。土壌密度が  $1.6\text{g/cm}^3$  を超えると固相率の適正範囲 50%を超えるケースが多くなること、さらに今回の調査結果から外観的に生育不良の症状が見られた地点の土壌密度が  $1.6\text{g/cm}^3$  を超えていたことを考えると生育不良要因を推定する上で一つの目安になるものと考えられる。

また、土壌密度が  $1.6\text{g/cm}^3$  を越えている場合、土壌密度だけでなく排水性にも問題がある可能性もあるので、簡易透水性試験により確認する必要がある。

### まとめ

- ・地表部(深度 10 cm程度)での採土器による土壌密度測定により生育基盤由来の物理性の不良要因について概ね特定可能である。
- ・試孔による土壌断面調査の結果と同様、土壌密度が大きくなるほど年平均成長量は小さくなる傾向が見られた。
- ・生育不良要因を推定する際の目安となる土壌密度は  $1.6\text{g/cm}^3$ 程度と推測される。
- ・これを越えている場合、土壌密度だけでなく排水性にも問題がある可能性もあるので、簡易透水性試験により確認する必要がある。

これら地表部における簡易調査(採土器による土壌密度測定+簡易透水性試験)の利用法として生育基盤由来(物理性)の不良要因の推定および詳細調査の必要性の

判断材料とする。

参考文献・参考資料

- 1) (独)土木研究所寒地土木研究所：道路吹雪対策マニュアル（平成23年改訂版）、(独)土木研究所寒地土木研究所、2011.3.
- 2) 下道純・松島哲郎・伊東靖彦：道北地方の国道防雪林の現状と課題について、第52回（平成20年度）北海道開発技術研究発表会、2008.2.
- 3) 北海道開発局：道路現況調査、北海道開発局、p.311、2009.4.1.
- 4) (社)日本ペトロロジー学会編：土壌調査ハンドブック（改訂版）、(株)博友社、p.75、1997.
- 5) ダイテウテクノグリーン(株)：長谷川式簡易現場透水試験器取扱説明書、大島造園土木(株)緑化技術研究所
- 6) (財)日本緑化センター：植栽基盤整備技術マニュアル、(財)日本緑化センター、1999.
- 7) (社)日本道路協会：道路緑化基準・同解説、(社)日本道路協会、1988.
- 8) 下道純・高玉波夫・上田真代・松澤勝・伊東靖彦：防雪林における生育基盤の過湿と生育不良について、寒地技術論文・報告集、27、(社)北海道開発技術センター、pp.207-212、2011.
- 9) 下道純・高玉波夫・上田真代・渡邊崇史、松澤勝・伊東靖彦：防雪林における生育基盤の過湿と生育不良について（第2報）、寒地技術論文・報告集、28、(社)北海道開発技術センター、pp.210-215、2012.

# GPSを活用した雪氷作業記録の自動化について

森脇 豊一\*1、 棚谷 徹\*2、 伊藤 俊明\*3

## 1. はじめに

北海道の高速道路における雪氷業務の効率化を目的とし、除雪車両等にGPS（グローバルポジショニングシステム）を取付け、作業種別、作業距離、作業時間などの情報を自動的に記録し、雪氷作業費用の正確な検測と調書類作成の合理化を図る仕組みを構築し、平成24年冬期より実用化を図った。

今回の取組みは雪氷作業車両の正確な位置把握のため既に採用していたGPS位置情報の応用として取り組んだ事例であり、NEXCO 東日本で初めて実用化に至った技術である。

## 2. 現状の課題

北海道における高速道路の総管理延長は約690kmあり、10月中旬～翌4月末までの冬期間に約300台の除雪車両と約1000人の社員により24時間体制で雪氷作業を行って

いる。

冬期間の延べ雪氷作業延長は約49万kmに達し、地球約12周に相当する膨大な作業となる。

この膨大な雪氷作業の記録は、雪氷作業基地の記録係と雪氷車両間の無線による開始・終了時の手書きによる記録であり、雪氷作業の支払いに必要な検測調書は、この手書きによる記録を基に作成されている。

また、雪氷作業の種別は本線車線部の除雪、路肩部のロータリー拡幅除雪、凍結防止剤の散布等、多種多様であり、実に30種類にも及んでいる。

この膨大かつ多様な雪氷作業の記録はこれまで人的に整理され、記録の照合や所定様式の作成など、膨大な時間と労力を費やすとともに人為的ミス危険性がある等の課題があった。

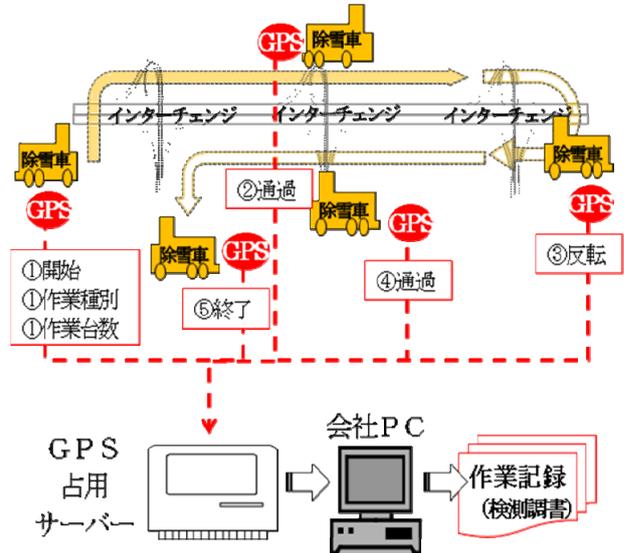
## 3. 課題解決のための方法

この業務上の課題を解決する為、GPS位置データに着目し、無線や電話による人による記録方法からGPSデジタル情報に変更する方法を立案した。

【図-1】に示す通り、除雪車両がICを通過・反転したタイミングのGPS位置情報から「開始・終了時間」「作業種別」「作業台数」の記録をデ

ジタル無線から専用のサーバーに送信し、会社PCより作業記録を印刷するシステムを立案した。

【図-1「GPSを活用した新システム」】



## 4. GPSを活用した新システムの導入

GPSを活用した新たなシステムとは、これまでの無線・電話による通話記録からGPSによるデジタル情報に変更することで電話や無線による人的操作を廃止し、記録の正確性と信頼性を大幅に向上させるシステムである。

新システム（GPS）による従来作業の主な変化は【表-1】のとおりである。

【表-1「GPSによる従来作業の変化」】

	従来の方法	新システム
作業時の連絡	電話・無線により連絡	GPS作業パネル操作（連絡不要）
記録方法	人による記録	機械による記録
情報種別	手書き	デジタル
調書作成時間	約2時間	約30分

新システムでは、雪氷作業開始の操作を電話や無線に代わり、GPS作業記録用に設置した操作パネル【図-2】により各車両のオペレーターが作業種別等を入力し起動する方法としている。

\*1 東日本高速道路(株) 北海道支社 事業統括課

\*2 (株)ネクスコ・メンテナンス北海道 帯広事務所 保全課

\*3 (株)ネクスコ・エンジニアリング北海道 道路部 道路技術課

具体的な操作手順を【図-3】に示す。

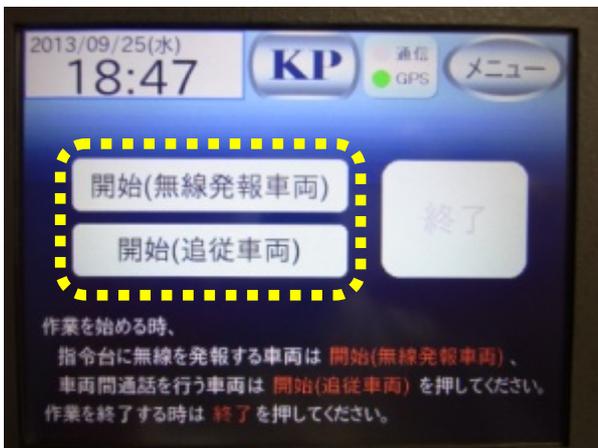
【図-2「運転席内に配置した操作パネル」】



操作パネルは助手席側に設置

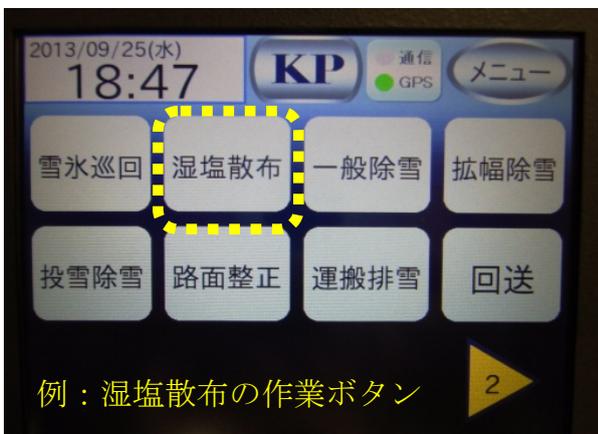
【図-3「GPS 操作手順」】

手順①GPS 操作開始



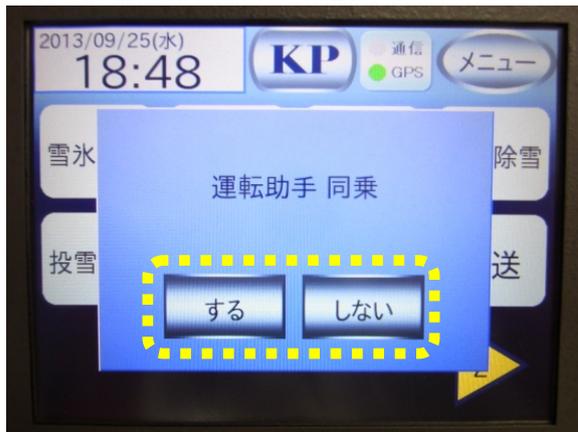
複数の車両による作業の場合は、代表車両と追従車両別に開始ボタンを選択

手順②作業種別の選択



GPS 作業記録の対象となる雪氷作業種別 10 種類を選択

手順③運転助手の有無を選択



雪氷作業車両により 2 名体制（運転手と運転助手）と 1 名体制を選択

手順④GPS 操作完了



全ての操作完了後「●GPS 通信」と「作業内容（画面では湿塩散布）」を確認し作業開始

## 5. 新システム導入当初の課題とその対応

### 1) 課題

前項の通り、GPS を活用した新システムの導入により、雪氷作業車両の各オペレーターには、これまで行ったことのない操作が新たに加わった。

新システム導入に当たっては、十分な準備を行い説明会を行ったものの、導入当初の結果は、操作の不慣れ等による操作ミス・操作忘れが多発し、データ欠損が約 3 割に及んだ。

### 2) 対応方法

以上の状況を踏まえ、新システム操作の練習期間を取り、GPS の記録が既存の無線や電話記録に対し 95%以上一致するまで、この練習を繰り返すこととした。

### 3) 対応結果

新システム導入当初は、GPS 操作の不慣れによ

る操作ミスや操作忘れが多発し【表-2】のとおり72.1%という低い整合率からスタートとなったが、整合率を月毎に確認し改善を図った。

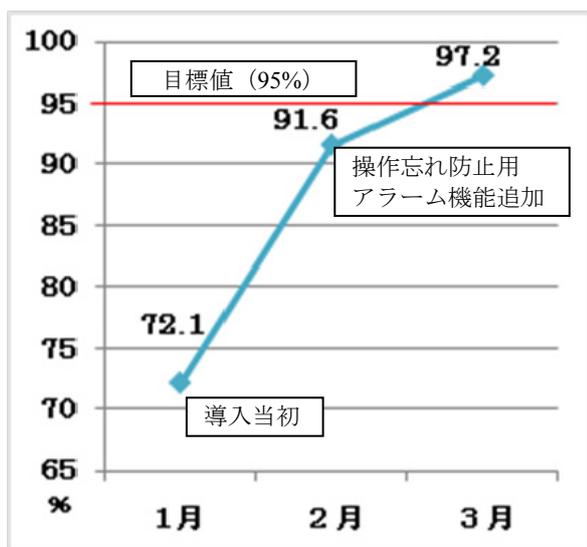
具体的な改善方法は、整合率が乖離した理由や車両を特定し、個別の操作説明会【図-4】等地道な対応を図るとともに、操作するオペレーターの意見を取り入れ、操作忘れ防止用のアラーム機能を追加する等、一部システム改良を行い、整合率向上を進めた。

【図-4 操作説明会の状況】



結果、平成 25 年 1 月より実施した練習期間により、徐々に整合率は向上し、3 月では 97.2%まで向上するに至った。

【表-2「無線と GPS との整合性の推移」】



以上、新システム導入当初の課題の解決には約3ヶ月間ほど要したが、電話・無線記録とGPS記録との整合は図られ、GPS記録を活用した新シス

テムを平成 25 年 3 月から本格的に開始した。

## 6. 新システムによる効果

新システムは平成 24 年度冬期に帯広地域で導入し、以下の3点の効果を確認した。

効果 1	<b>雪氷作業開始時の連絡待ち解消</b>
	(課題) 既存の無線や電話による作業開始連絡の場合、一度に複数作業が重なると、基地局に電話が集中し、連絡待ち待機により雪氷作業の遅れが発生
	(解決) GPS 操作は無線や電話と異なり、同時に受付が可能であり、連絡待ちの待機は無く、作業遅れは解消
効果 2	<b>検測調書の作成時間の短縮</b>
	(課題) 既存の無線・電話に基づく手書記録からの作業調書作成は、記録ミスの照合も含め作成時間が膨大となり、大きな業務負担となっていた
	(解決) GPS 記録から即時、作業記録が印字され、必要な調書作成に要する業務時間が大幅に減少
効果 3	<b>検測調書の作成ミスの解消</b>
	(課題) 既存の無線・電話に基づくアナログ記録は、記録員の手書き資料のため、人為的な記録ミスの可能性があった
	(解決) GPS による人的な記録作業の廃止が可能となりデータ信頼度は大幅に向上。 平成 24 年度冬期間（総時間 263,520 分）の全 GPS データの情報送信記録は約 99.999%正常に作動。エラー率わずか 0.001%と信頼性が大幅に向上

以上、GPS を活用した新たなシステムの導入により、雪氷作業に係る人的操作の課題解決の可能性を確認できた。

これらを踏まえ、平成 25 年度冬期より、更に新システムを活用するエリアを拡張し、旭川・室蘭の2地域でもGPS運用を図る予定である。

## 7. 新システムの将来の課題点

長年活用してきたGPS位置情報を他の技術に活用するため、今回、作業記録の自動化を進めているが、この作業記録を進めることで、GPS 設置台数が増加し、結果、将来の更新費も増加することが懸念される。

GPS による車両位置把握は、複数作業車両（梯

団) の場合でも代表車両 1 台の GPS から情報発信することで梯団位置の把握は可能となる。

一方、GPS による作業記録の自動化の場合は各車両の編成が一定していないことから、全車両への GPS 設置【図-4】が不可欠であり、GPS 設置台数は 80 台→240 台（位置把握に必要な台数の約 3 倍）と大幅に増加するという構造上の課題がある。

【図-4 「目的による GPS 台数の違い」】

	目的	GPS 台数 (北海道全体)
既存	位置把握	80 台
	位置把握に必要な GPS 1 台 標識車 (代表) 3 番車 2 番車 1 番車	
新	作業記録 (検測)	240 台 (約 3 倍)
	作業記録 (検測) に必要な GPS 4 台 標識車 3 番車 2 番車 1 番車	

以上 GPS 設置台数の増加に対する対応策として、設置する機器や通信方法を携帯やタブレットを活用し安価にする方法を検討しているが、セキュリティ上の課題等、一長一短あり、技術革新の動向に注視しながら、今後とも検討する予定である。

## 8. おわり

今回報告した取り組みは、GPS 位置情報の応用という既存システムの有効活用であり、業務効率化を図った事例である。

新たな要素技術の開発には時間が掛かるが、今回のように既存技術の組み合わせにより、計画から実用化まで約 2 年という短い時間で達成し、成果を得ることができた。

限られた財源を有効に活用する点において、重要な成果と考えている。

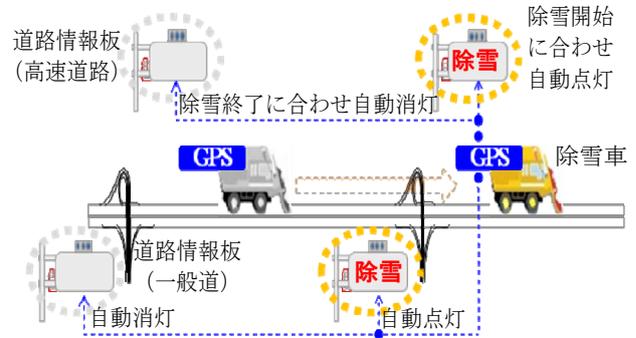
本件で紹介した取り組み以外にも、現在、既存技術を活用した取り組みを実施しており、既に活用し、冬期道路管理の効率化につなげている取り組みを 2 例紹介する。

### 事例①【GPS と情報板の連動】

冬期高速道路の除雪作業に関するリアルタイム

情報の提供によるお客様サービスの向上を目的とし、除雪車両に取り付けた GPS 位置情報から、道路情報板の内容を連動させ、雪氷作業の進行に応じた情報提供を行う仕組み【図-5】

【図-5 GPS 情報による道路情報板連動】



### 事例②【小型 WEB カメラによる視程解析技術】

道路巡回車や路線バスに小型 WEB カメラを搭載し 200m 間隔で撮影した静止画像をインターネット回線で送信し、ドライバー目線による視程距離をリアルタイムに解析し、吹雪等による視程悪化や解消のタイミングを瞬時に捉え、吹雪通行止時間の短縮に活用【図-6】

【図-6 小型 WEB カメラによる視程解析】

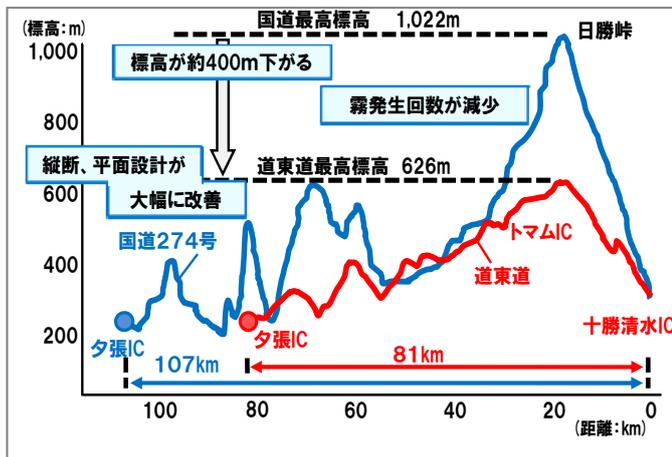


今後も既存技術の有効活用など継続的に研究を進め、多様化するお客様のニーズに合った、サービス向上や業務の効率化を目指し、冬期道路管理の技術向上の為、更なる研鑽を図る所存である。



特に冬期間は、国道274号（日勝峠）の代替路として役割を担う路線であり、安全・安心・快適・便利にご利用いただけるよう、24時間、365日、細心の注意を払って管理運営しているところである。

以下（図4）のとおり、走行距離差（-26km）や標高差（約-400m）と道路線形や霧による視程障害日数の大幅な減少などの気象条件の厳しい、難所といえる日勝峠を回避し道東道を利用するお客様の期待に応えなければならぬ。



（図4）夕張IC～十勝清水IC間の国道との比較

#### 4. 冬期の交通確保

冬期の雪氷対策作業は、めまぐるしく変化する気象との戦いで、除雪作業と凍結防止剤散布が主作業となり、限られた人員と機械配置の中で、冬期雪害対策作業を実施している。高速道路の除雪作業方法は、お客様車両の安全を考慮し、主に除雪車両を追越禁止とする新設除雪（梯団除雪）作業（下記写真1）を行っている。また、路面凍結によるスリップ防止対策として、凍結防止剤散布作業（下記写真2）の実施などが主な作業であるが、その他、路肩拡幅作業や各種施設の除雪作業などを実施しているが、今回の説明からは割愛しております。



（写真1）新設除雪（梯団除雪）



（写真2）凍結防止剤散布作業

#### 5. 手持ち組織の最大限発揮

～手持ち組織の最大限発揮と GO WEST～

##### （1）基地、機械配置及び除雪パターン

凍結防止剤散布や除雪といった雪氷対策作業を効率的かつスピーディに実施するため、道東道夕張IC～本別IC・足寄IC間に、概ね20kmから35km毎に雪氷基地が設けられ、それぞれ除雪機械が配置される。

通常の降雪時には基本的な除雪パターンが実施される一方、降雪状況によっては、除雪機械を雪の多い区間に優先的にシフトさせる等、手持ちの人員、機械の能力を最大限に発揮すべく臨機の対応が行われる。

##### 1）基地と除雪機械配置

基地は夕張、占冠、トマム、清水、音更、池田の6箇所があり、ここに最大8梯団が配置される。

基地毎の基本的な梯団配置は図5のとおりである。この配置により、山越えの夕張IC～十勝清水IC間には、常時1インター間に1梯団以上の配置が確保されることとなる。

夕張 雪氷基地	占冠 雪氷基地	トマム 雪氷基地
除雪車(10t) 3台	除雪車(10t) 6台	除雪車(10t) 3台
(内湿塩散布兼用車1台) 1梯団	(内湿塩散布兼用車2台) 2梯団	(内湿塩散布兼用車1台) 1梯団
標識車 1台	標識車 2台	標識車 1台
凍結防止剤倉庫 60t	凍結防止剤倉庫 60t	凍結防止剤倉庫 60t
十勝清水 雪氷基地	音更帯広 雪氷基地	池田 雪氷基地
除雪車(10t) 3台	除雪車(10t) 6台	除雪車(10t) 3台
(内湿塩散布兼用車1台) 1梯団	(内湿塩散布兼用車2台) 2梯団	(内湿塩散布兼用車1台) 1梯団
標識車 1台	標識車 4台	標識車 1台
凍結防止剤倉庫 60t	凍結防止剤倉庫 60t	凍結防止剤倉庫 60t

（図5）

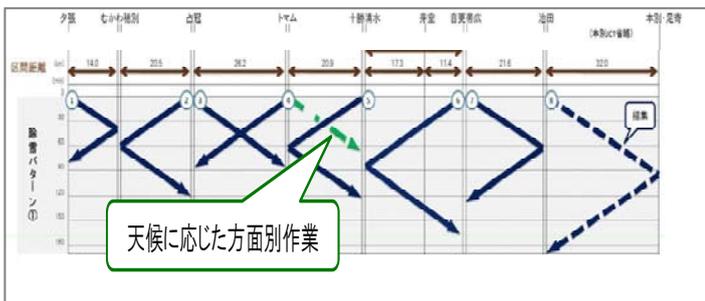
##### 2）通常の除雪パターン

基地に配置された各梯団の基本的な動きと作業時間の目安を図6に示す。

このパターンでは、トマム基地の梯団は、占冠基地の片方の梯団と共に占冠～トマム間を上下線差し違いで除雪することとなっているが、降雪状況に応じて、隣接区

間であるトナム～十勝清水間の除雪に向かうことも想定されている。

また、池田～本別・足寄間については、一般に降雪量が少ないことから、降雪が多い時に必要人員を召集し池田基地に梯団を配置することとされている。



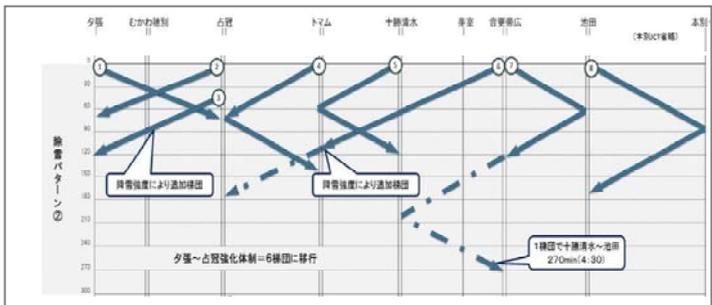
(図 6)

### 3) 夕張～十勝清水を優先した除雪パターン

山越えの夕張 IC～十勝清水 IC 間の降雪強度が強く、通常の除雪パターンによる除雪ではカバーできない場合には、梯団の一部を夕張方面にシフトさせ、当区間の体制強化を図ることとされている。このパターンは、「GO WEST」と呼ばれ、道東道における雪氷対策の基本コンセプトと位置付けられている。

そのパターンの一例を図 7 に示す。このパターンでは、占冠基地の 2 梯団を共に夕張方面に投入することで、夕張～占冠間を 3 梯団で除雪する形となっている。

また、音更基地の 2 梯団の 1 つを、十勝清水以西の応援にシフトさせる占冠～トナム間についても 3 梯団で除雪する形が整えられる。



(図 7)

### 4) 豪雪時の除雪パターン

夕張 IC～十勝清水 IC 間が更に豪雪となった場合は、「GO WEST」のコンセプトに従い音更・池田にある残りの梯団も全て夕張～十勝清水間にシフトさせ、最大限の強化体制を取ることも視野に入れられている (図 8)。

これは究極のパターンであり、過去 2 シーズンでの配置実績はなかったが、夕張～十勝清水間の通行を死守するためには取り得るパターンの一つとなっている。



(図 8)

### 5) その他除雪時間の短縮のための工夫

降雪強度が強く、早期に除雪を完了したい場合には状況に応じて以下の対応を実施し、除雪時間の短縮と作業の効率化が図られている。

#### ① 梯団誘導

通常、除雪の間に各インター間に数箇所設置されている除雪車待避場にて行っている一時待避・梯団解放を行わず、目指す次の基地までノンストップで除雪を行う行動をいう。

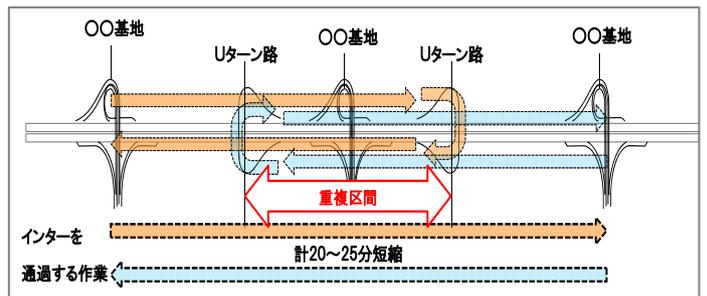
梯団誘導は、お客さまにとってはサービスの低下の面があるものの、反面、確実に誘導することで視界不良時等の事故防止につながるほか、結果的に除雪時間の短縮にも資することとなる。よって視界不良時や、事故による通行止めが解除された直後等にしばしば実施される。

#### ② 差し違い除雪

2 インター間をそれぞれ 1 梯団が 1 インター間ずつ担当して往復除雪する場合、インターのノーズ間等の除雪漏れを生じさせないように、担当区間の先にある U ターン路まで行って U ターンするのが通例であるが、この場合、境界インターの両側にある U ターン路間の除雪が 2 梯団によって重複するため除雪所要時間が長くなり効率が低下する。

そこで、2 インター間において上下線それぞれ 1 梯団が担当し、2 インター直通で差し違えて除雪することにより除雪時間の短縮を図る工夫も行われている。(図 9)

夕張～むかわ穂別～占冠間でほとんどの場合採用されている。

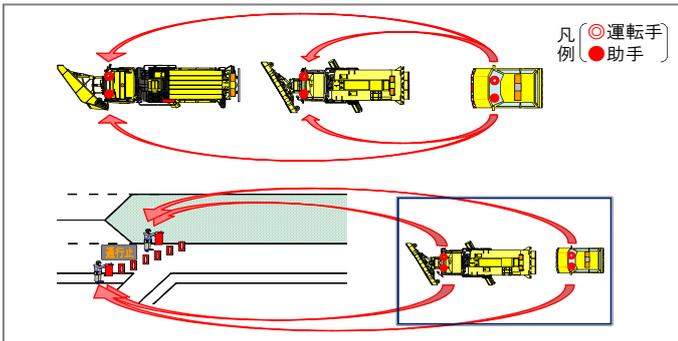


(図 9)

## (2) 作業スタッフの効率的運用

通常、雪氷巡回車の要員と除雪車もしくは凍結防止剤散布車乗員、あるいは通行止め要員はそれぞれ別々に配置されるが、帯広管理事務所においては、当日の状況に応じて同一スタッフがあらゆる作業を臨機に実施できるよう、いわゆる「マルチ職」を目指すべく日頃から養成が続けられている。

これにより、初秋冬期において招集スタッフが十分集まらない場合に巡回車要員が作業員の乗員も兼ねることが可能となり人員の効率的運用が図られるほか、事故通行止めの際、交通管理隊スタッフが通行止め規制完了後、事故現場に向かうために規制場所での交替要員が必要となる場合に機敏な対応が可能となる。(図 10)



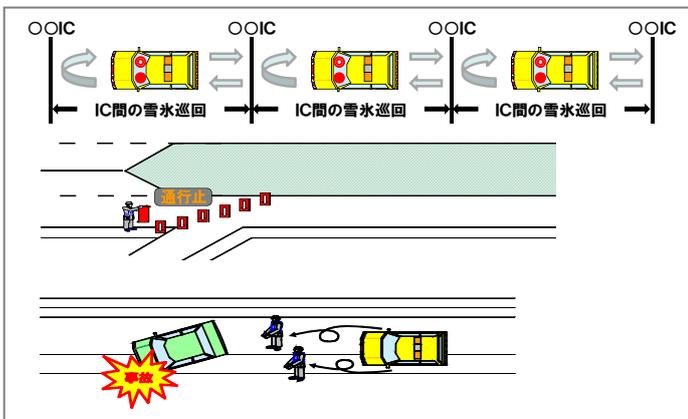
(図 10)

## (3) グループ協働体制による雪氷巡回要員の補充

初秋冬期に大雪が降る場合にあっては、雪氷作業スタッフの常駐が固定される厳冬期とは異なり、必要スタッフが十分招集できない場合がある。

この場合は、招集した雪氷作業スタッフを除雪車乗員に優先投入し、不足する雪氷巡回車の要員を親会社である NEXCO 東日本社員や、他のグループ会社スタッフから充当してグループ協働で乗り切る体制が構築される。

(図 11)



(図 11)

## (4) 雨水対策

雨水とは、 $0^{\circ}\text{C}$ 以下でも凍らない過冷却状態の雨が地面や木などの物体に付着することで凍って形成された硬

く透明な氷のことをいう。

高速道路の場合は路面に付着した瞬間に凍結するので、雨水による通行止めを防止するためには、 $0^{\circ}\text{C}$ になる時間に作業が終わるように剤散布時間の調整を行うことと、散布量を多くする(散布時間と散布量の計算が必要)ことなど、気象予測に合わせてのタイミングを計ることが重要となる。

## (5) 雪氷ITSの活用

リアルタイムな情報収集を行い、厳しい気象状況や変化に的確に応じた雪氷作業を行っている例を次に列記します。

### ① webカメラによる視程 (図 12)

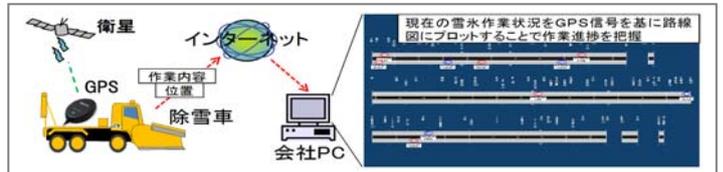
現場状況をwebカメラでリアルタイムに表示したり、過去の状況を記録している。



(図 12)

### ② GPSによる雪氷作業の進捗確認 (図 13)

除雪車両の位置を正確に把握することで、次の作業指示や通行止め解除時間の予測又は、作業検測の自動化を図っている。



(図 13)

### ③ 降積雪量を10分毎に自動計測 (図 14)



(図 14)

## 6. まとめ

今回は、帯広管理事務所で開催している一部の紹介であり、今後も試行等を繰り返し、更なる作業性の改善と解りやすい作業を目指し、お客様の立場になり、顧客サービスのアップと社会・経済活動への影響を自覚しながら、冬期の安全・安心・快適・便利な、高速道路ネットワーク機能維持のため、雪氷対策作業の更なる向上をしていきたいと思ひます。

## お客さま参加型交通安全活動 道東道交通安全サポーター

鈴木 隆\*1 笠原宏祐\*1 吉田丈春\*2 木村大佑\*2

### 1. はじめに

平成 23 年 10 月に道東自動車道（以下、「道東道」という。）夕張 IC～占冠 IC 間の開通により、北海道内の道央圏と道東圏が高速道路ネットワークで直結し、両圏域間の移動の利便性が飛躍的に向上した（図 1）。

これに伴い、既開通区間の交通量は直結前と比べて概ね 5 割前後増加したが、一方で日高山脈や夕張山地等を貫くルート上にある夕張 IC～十勝清水 IC 間では冬期を中心に交通事故も頻繁に発生し、平成 24 年の前半だけで 3 件 4 名の死亡事故が発生した。

これを踏まえ、道路管理者である東日本高速道路㈱と警察が連携し、交通事故防止に向けて様々な取組みが展開された。お客さまへの交通安全啓発はその大きな柱の一つであるが、従来のような道路管理者や警察からの一方的な啓発活動だけではなく、お客さまにも積極的かつ能動的に協力・参加いただく独特な取組みも実践された。

本論文は、その道東道交通安全サポーター（以下、「サポーター」という。）の活動内容について紹介するとともに、サポーターを対象に行われたアンケート調査の結果と考察について述べるものである。

- ① 道東道夕張 IC～十勝清水 IC 間を平成 25 年 1 月から 3 月までの 3 ヶ月間に概ね 3 回以上ご利用予定の方
- ② 道東道で安全速度での走行にご協力いただける方の 2 項目が設定された。

サポーターには、「安全速度で走ります」と書かれた磁石式のステッカーが配布され、期間中、車両の後部に取り付けて安全速度で走行いただいた（写真 1、2）。

これにより後続車にもサポーターの活動趣旨を提示した上で安全速度で走行していただき、より一層の交通安全が図られることとなった。



写真 1 サポーター用ステッカー（乗用車）



写真 2 サポーター用ステッカー（高速バス）



図 1 道東自動車道の位置図

### 2. サポーター活動の概要と経緯

#### (1) サポーターの概要

平成 24 年度の冬期（平成 25 年 1 月～3 月）における交通安全の取組み強化を目的として、一般のお客様及びバスのドライバーを対象にサポーターの募集が行われた。

サポーターになるための資格要件として、

#### (2) サポーター活動の経緯

サポーター活動の経緯を表 1 に示す。

サポーターの応募は、一昨年 12 月 10 日から 25 日までの間、占冠 P A 及び十勝平原 S A 内に募集ポスターを掲示し、備え付けの応募用紙に記入するか電話で申し込む方法が採られたが、沿線の皆様に広く周知するため、十勝及び釧路のマスメディア 6 社（十勝毎日新聞、北海道新聞帯広報道部、釧路新聞、FM-JAGA、FM-WING、FM くしろ）に個別にパブリシティが展開され、各社とも取材を含めて報道にご協力いただいた（写真 3）。

その結果、締切までに目標 100 名を上回る 114 名の応募が見られた。住所別内訳は、十勝が約 4 割で最も多く、次いで札幌が約 3 割、札幌以外の道央圏及び十勝以外の

\* 1 東日本高速道路㈱北海道支社帯広管理事務所 \* 2 東日本高速道路㈱北海道支社

道東圏が各々1割強であり、他に道外在住者も見られた。

表1 サポーター活動の経緯

年月日	活動内容
H24.12.10(月)	サポーター募集開始
12.10(月)11(火)	帯広のマスメディアにPR
12.17(月)	釧路のマスメディアにPR
12.25(火)	募集終了
12.26(水)	ステッカー発送完了
H25.1.1(火)	サポーター活動開始
2.5(火)	サポーターの追加(バス会社)
3.1(金)~3.8(金)	中間アンケート実施
3.19(火) 21(木)	サポーターがメディア出演PR
3.31(日)	サポーター活動終了
4.5(金)~4.12(金)	最終アンケート実施
5.23(木)	サポーター会議開催



写真5 サポーターへの取材記事  
(十勝毎日新聞 2013年3月24日付 21面)

3月末をもってサポーター活動は終了したが、5月23日には警察と合同でサポーター会議が開かれ、複数のサポーターが一堂に会して意見交換が行われた(写真6)。



写真3 サポーター募集記事の例  
(十勝毎日新聞 2012年12月11日付 21面)



写真6 サポーター会議の光景

応募者には、年末までにステッカーが郵送され、年明けの1月1日からサポーターとしての活動が開始された。2月には、バス会社の協力で新たに26名が加わった。3月には、サポーターの中からメディアへの出演が可能な3名が抽出され、サポーター自らの手で終冬期における道東道の交通安全の呼びかけが行われた(写真4、5)。



写真4 サポーターによる呼びかけ (FM-WING)

### 3. サポーターへのアンケートについて

サポーター活動を実施した上で気づいた点やご意見・ご感想を伺い、今後の交通安全施策の参考とするため、3月及び4月の2回にわたってアンケートが実施され、サポーターのうちバスドライバー24名、一般ドライバー6名の計30名から回答が得られた。アンケートでの質問は以下の通りであった。

- ① 属性(性別、年代、居住地域)
- ② 道東道夕張IC~十勝清水IC間の期間内利用回数
- ③ 主な乗り降りIC
- ④ 道東道走行時の路面状況
- ⑤ 安全速度での走行の達成状況
- ⑥ 他のドライバーの運転マナーで気づいた点
- ⑦ サポーター活動で苦労した点や悩んだ点
- ⑧ サポーター活動を行って良かったかどうか、

- ⑨ 及び良かった理由
- ⑩ サポーター活動を再実施した場合の参加の意向
- ⑪ その他自由意見・感想

以下アンケート結果について述べる。なお、中間アンケートと最終アンケートの両方で共通の質問については最終アンケートの結果を優先した。

(1) 属性

回答者の性別は全員男性で、年代は30代、40代、50代がいずれも3割前後あり、20代及び60代も多少いた。

居住地は、十勝が約8割、石狩・胆振等の道央圏が1割強を占めた。

(2) 期間内の夕張IC～十勝清水IC間利用回数

全体の平均利用回数は20.6回で、うちバスドライバーは25.2回であった。ただし、一般ドライバーに限るとサンプルの少なさも平均利用回数は3.0回であり、最も多い人で8回、少ない人で0回であった(図2)。

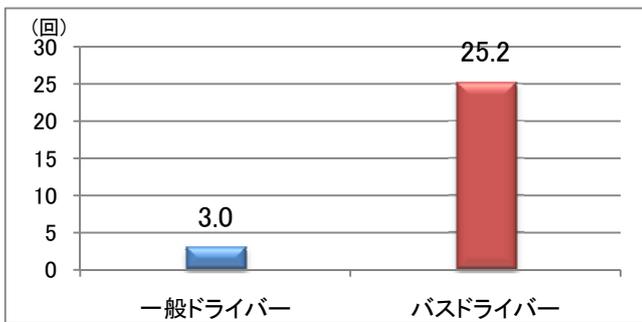


図2 期間内の平均利用回数

(3) 主な乗り降りIC

バスドライバーでは札幌南IC⇔十勝清水IC間、及び札幌南IC⇔音更帯広IC間が多数を占めた。

一般ドライバーでは札幌南IC・北広島IC⇔帯広JCT間及び千歳IC⇔占冠IC間であった。

(4) 走行時の路面状況

走行時の最も厳しい路面状況は、約半数が「ほぼ全線が凍結もしくは圧雪」、残る半数が「半分程度凍結もしくは圧雪」または「一部凍結」と回答し、「ほぼ全線乾燥もしくは湿潤」と回答した者は皆無だった(図3)。

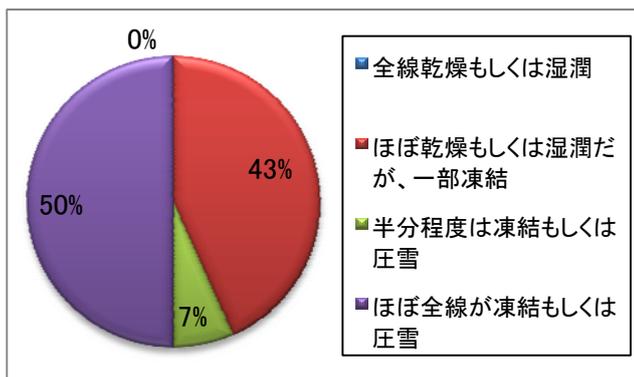


図3 走行時の路面状況

(5) 安全速度での走行の達成状況

「完全に」もしくは「だいたい」において十分な安全速度での走行が達成できたと思うと答えた人が8割以上を占め、「ほとんどできなかった」との回答はゼロであった(図4)。このことから、サポーターのほとんどが安全速度での走行が実践できたと感じていたことがわかった。

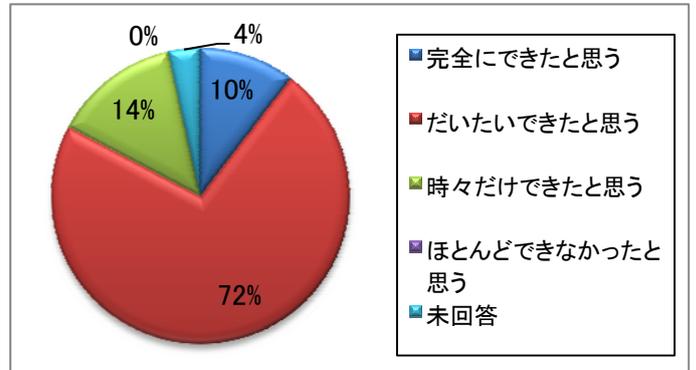


図4 安全速度での走行の達成度

(6) 他のドライバーの運転マナーで気づいた点

この設問は選択肢に対し複数回答可で回答いただいた。

「車間距離が短い」「速度を出し過ぎ」の肯定回答が6～7割あり、「後ろからあおる」「無理な追越しをする」の肯定回答も3～4割あった(図5)。

このことから、道東道のドライバーに安全運転の基本である「車間距離の確保」や「速度抑制」が十分に守られていない実態が裏付けられた。なお、「無理な追越し」が見られたのは、道東道が全線暫定2車線であり、ある付加車線を過ぎると次の付加車線まで一定の間隔があくことから焦って追越し挙動に至るためと考えられる。

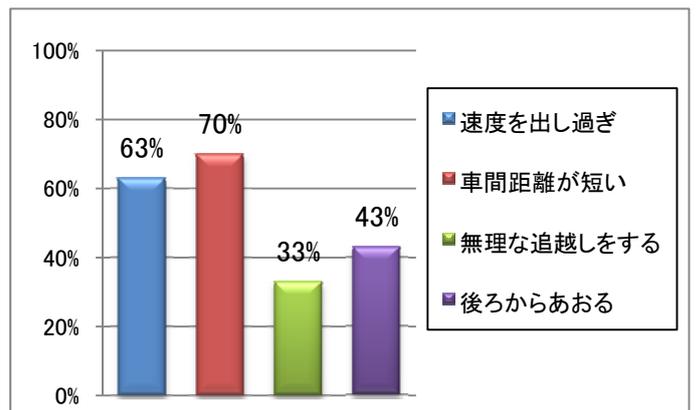


図5 運転マナーで気づいた点の肯定割合

(7) サポーター活動で苦労した点や悩んだ点

この設問も選択肢に対し複数回答可で回答いただいた。選択肢のうち、「場所によっては規制速度に疑問を感じた」の肯定回答が7割、「後ろからプレッシャーを感じた」のそれが5割弱あった(図6)。

これにより、安全速度で走行するほど後続車が連なること、安全速度の拠所となる規制速度(50km/h)に関し、路面状況によらず IC 間単位でほぼ一律の運用が行われている実態に多くのサポーターが疑問を抱いていることが示唆された。

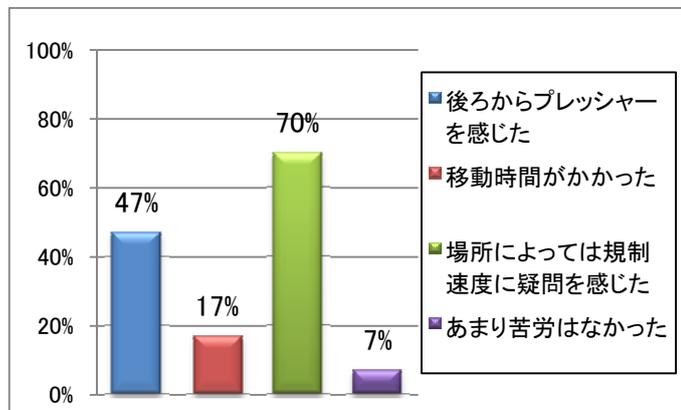


図 6 苦勞した点や悩んだ点の肯定割合

#### (8) サポーター活動を行っての感想

サポーターになって「大変良かった」もしくは「まあまあ良かった」との肯定的な評価が 9 割弱を占めた(図 7)。「良かった」と感じた理由を複数回答可で尋ねたところ、「安全運転を改めて意識できた」との回答が約 7 割、「交通安全に貢献できた」との回答が約 3 割あった(図 8)。

このことから、安全運転を意識させる上でサポーターの活動は有効であったと考えられる。

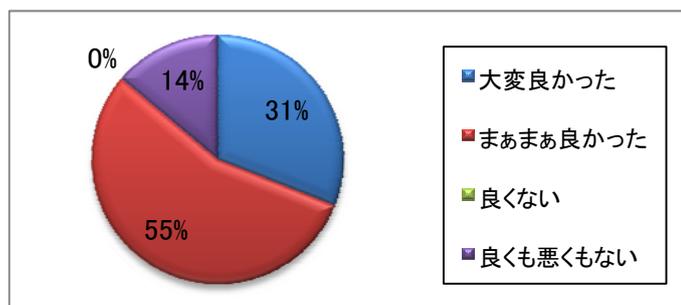


図 7 サポーター活動の感想

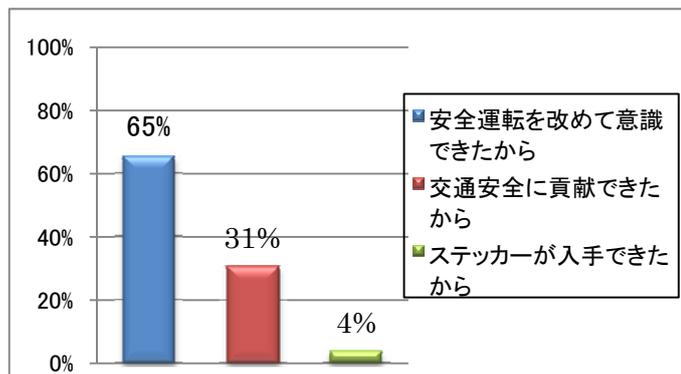


図 8 良かったと感じた理由

(9) サポーター活動を再募集した場合の参加意向  
サポーターを再度募集した場合、「次回も活動したい」との回答が約 6 割あった(図 9)。このことから、サポーターの取組みが多くのサポーターに評価され、活動の継続が期待されていることがわかった。

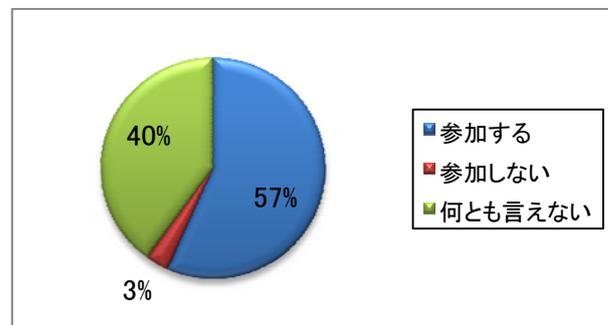


図 9 再募集した場合の参加の意向

#### (10) その他の自由意見・感想

速度規制の運用改善や取締り強化、暫定 2 車線の道路構造の改善、SA・PA の拡充・増設等の意見の他、サポーター活動の継続や、サポーターが活動中であることを更に周知するよう求める意見が見られた。

## 4. まとめ

サポーターへのアンケート結果から、冬期に道東道を利用するお客さまの運転マナーの問題点が指摘された他、サポーターの活動が安全運転の意識向上に寄与したこと、及び活動が肯定的に評価され継続が期待されていることが明らかとなった。また、5 月のサポーター会議でも同様の意見が出されていた。

今回のような、お客さま参加型の取組みはこれまで余り例がなくその効果が未知数であったが、交通安全を促す上で一定の役割を担ったと考えられる。

このお客さま参加型の取組みが、北海道内全体で現在展開中の「スマイルハイウェイ宣言」に結びついたと言える。

なお、冬期における以上の取組みの後、お客さま参加型の活動第 2 弾として「道東道交通安全サポーター」の夏バージョンも 7 月 13 日から 10 月 31 日まで展開されたところである。

今後はこれらの取組みが、交通事故防止または減少に効果的につながることが期待される。



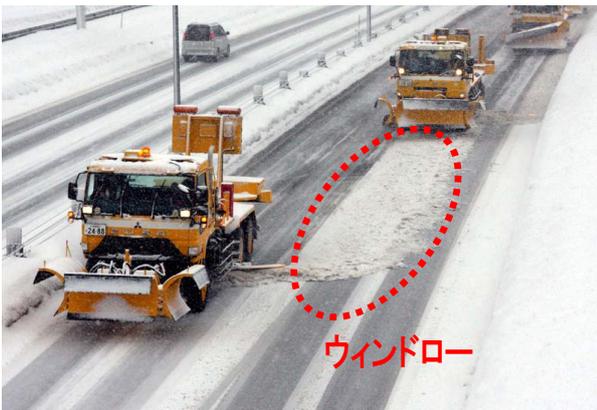
## 2) 対応方法

以上の現場状況を踏まえ、雪氷作業時間を短縮させる方法として、従来 4 台で実施している作業を 9 台に増車し、除雪作業に時間を要していた出入口部のバック作業を解消する「マルチ梯団除雪」により短時間作業を実現した。【図-3】



【図-3 「マルチ梯団除雪による作業状況」】

これまで高架区間の雪氷作業時間が長時間化していた理由は、出入口付近のウィンドロー処理【図-4】とランプ車線の除雪を行う為、本線をバックする作業が頻発していたためである。



ウィンドローとは、除雪車で路肩側に雪を押し出した際、雪山が発生することをいい、出入口部で発生すると一般車が乗り越えた際、事故に繋がることから処理（除雪）が必要となる。

【図-4 「本線除雪時のウィンドロー状況」】

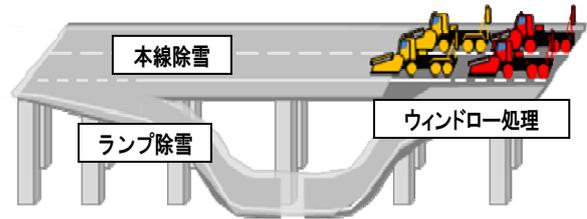
この出入口部のバック作業の解消のため、出入口付近の除雪を行う車両（3 台）を別編成し、本線の除雪作業スピードに遅れることなく、別班が複数のランプ作業をほぼ同時に行い、9 台の除雪車が効率よくローテーションしながら高架区間全体の除雪作業時間を短縮させる車両編成とした。

以上、効率的に多様な除雪作業を 9 台の車両がローテーションしながら除雪する編成を「マルチ

梯団除雪」【図-5】と命名し効率化を図った。

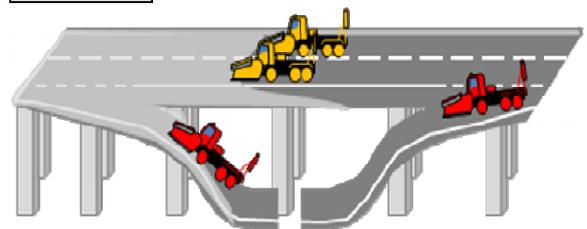
【図-5 マルチ梯団除雪の考え方】

### STEP①



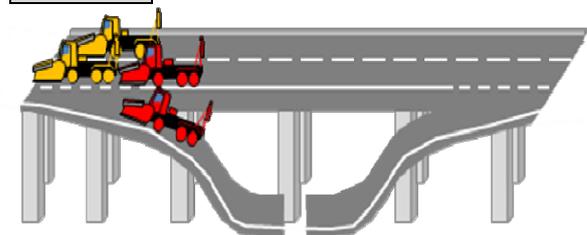
従来の本線除雪（黄）に出口付近のウィンドロー処理+ランプ除雪（赤）を増車し同時に並走

### STEP②



出口付近で分離（赤）しウィンドロー処理+ランプ除雪を実施。本線除雪（黄）はバックせず直進

### STEP③

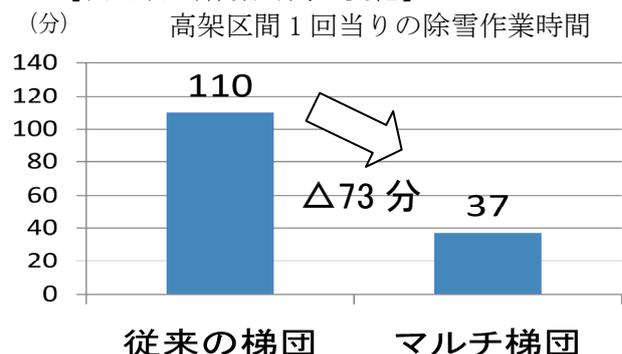


出口付近で分離した車両（赤）が再び本線除雪車両（黄）に合流

## 3) 効果

以上、マルチ梯団除雪により約 73 分の作業時間短縮が可能となり、除雪作業のスピードアップにより苦情の解消にも寄与している。【表-2】

【表-2 除雪作業時間の変化】

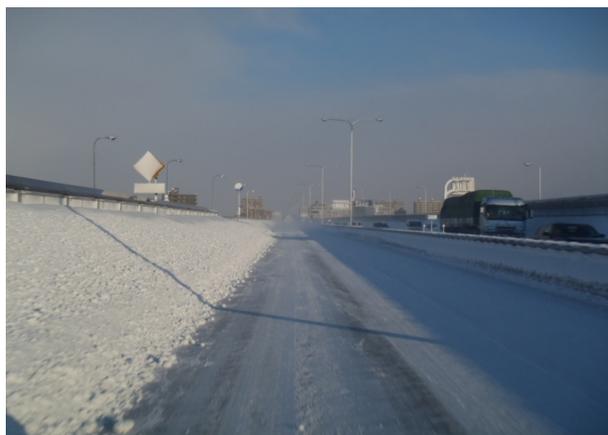


### 3. 雪通行止めの短縮（計画的な路肩排雪）

#### 1) 課題

当該高架区間は札幌近郊の環状道路として約 5 万台が利用する重要路線であり、日中の通行止めによる社会的影響は計り知れない。

また、本線の道路構造は、都市部で全線高架区間のため、路肩幅員が狭小であり、高速道路上の降雪を一時的に滞雪させるヤード（路肩）が狭いことから、長時間の降雪に耐えられない道路構造となっている。【図-6】



上記 2 枚の写真は、本線除雪により路肩の滞雪スペースに積み上げられ飽和した状況

【図-6 高架区間における滞雪状況】

このため、降雪状況によっては路肩滞雪ヤードが飽和し、ロータリー拡幅除雪までのリードタイムが短くなるなど、路肩滞雪ヤードの確保が課題となっていた。

#### 2) 対応方法

以上の現場状況を踏まえ、滞雪による路肩幅員の飽和が要因となる通行止の発生を防ぐため、計画的に路肩の排雪を行うこととした。

なお、計画排雪の作業については、路肩が狭い中での作業となるため、車線規制か通行止の実施が不可欠であり、極力交通量の少ない夜間の時間帯が一般車への影響が少ないと判断し、夜 10 時～翌 5 時の時間範囲で実施している。【図-7】

夜間通行止中のロータリー除雪車作業



本線外排雪用トラックに積み込んでいる状況



【図-7「計画的な路肩排雪の作業状況」】

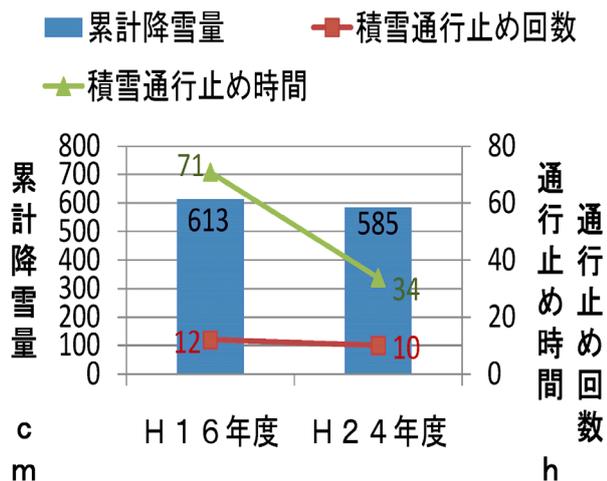
#### 3) 効果

以上、計画的な路肩排雪作業により、昼間の長時間降雪による滞雪スペースを確保することで、雪通行止を極力回避することが可能となった。

具体的な定量的効果については、累計降雪量が概ね同等の年度とし、計画的な路肩排雪実施前（H16 年度）と実施後（H24 年度）を比較した。

雪通行止時間については、計画的な路肩排雪前は年間 71 時間に対し、実施後は約 5 割減少し 34 時間（37 時間減）に変化する等、一般車への影響は緩和している。【表-3】

【表-3 通行止時間の変化】

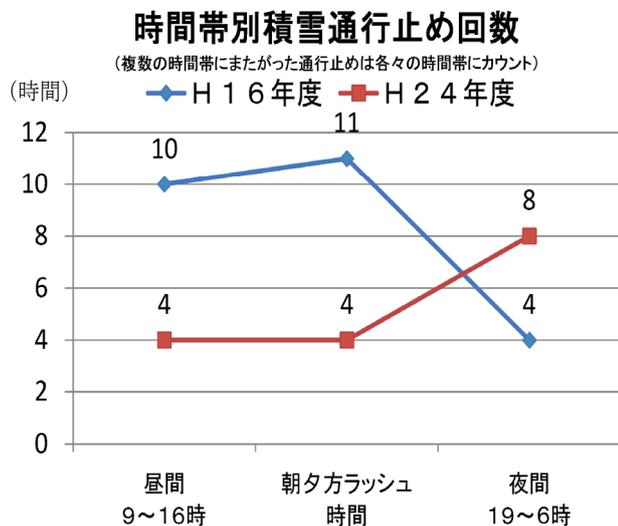


以上

また、お客様がご利用する時間帯における通行止め回数については、計画的な路肩排雪実施前は昼間の通行止めが年間 21 回発生していたが、実施後は、夜間の通行止めを計画的に実施することで、約 6 割減少し 8 回（13 回減）に変化した。

特に朝夕ラッシュ時間帯の通行止め回数は、11 回が 4 回に減少するなど、交通流や事故危険性の回避の上で影響最小化を実現している。【表-4】

【表-4 通行止時間帯の変化】



#### 4. おわり

今回報告した取り組みは、重交通路線の雪通行止時間や雪氷作業時間の短縮に関する内容を紹介した。

北海道ではこのほかにも、様々な冬期通行止時間の短縮に向けた取り組みを進めており、今後も既存技術の有効活用や地域に応じた取り組みを継

# 路面状態に対応した凍結防止剤自動散布システムの有用性検討

大廣 智則\*1, 高倉 清\*2, 丸山 正\*3, 花塚 泰史\*4

## 1. はじめに

ドライバーへ安全で快適な走行環境を提供するために、除雪作業や凍結防止剤散布作業などの雪氷対策作業は、重要な役割を担っている。一方、凍結防止剤を多量に使用することは構造物へ悪影響を与えることが知られており、北海道の高速道路の凍結防止剤の費用は雪氷対策費全体の18%を占め、凍結防止剤の価格も近年高騰傾向にある。凍結防止剤の費用削減を視野に入れたシステム開発が急務である。

現在の凍結防止剤の散布作業は、路面状態を目視評価しその結果に基づき実施されている。熟練オペレーターの判断は、優れているが定性的であり、時として安全側の評価となる場合がある。そこで北海道の高速道路では、路面状態を定量的に把握することを目的に、3~4時間周期で行われる雪氷巡回車両にタイヤ内面振動を詳細に解析する、路面状態判別システム（以下、「CAIS®」とする）を試行的に導入した。さらに、得られた路面状態に基づいて散布量を変えながら自動散布することが可能な凍結防止剤自動散布システムを開発した。

本研究では、平成24年度の終冬期に融雪による浸み出し箇所への自動散布試験を行い、CAIS®や凍結防止剤自動散布システムの有用性について実地検証を行った。さらに、凍結防止剤の散布量を削減する取り組みとして、路面状態に対応した凍結防止剤自動散布システムを活用し、シミュレーションによる散布量推定の検討を行った。

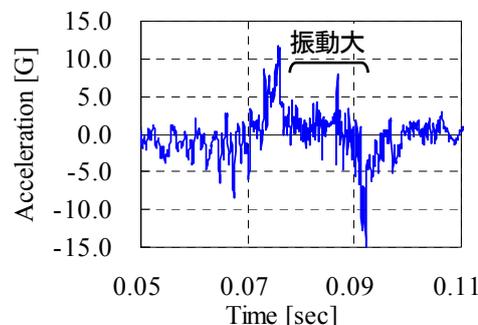
## 2. 路面状態に対応した凍結防止剤自動散布システム

路面状態に対応した凍結防止剤自動散布システムは、CAIS®と凍結防止剤自動散布システムから構成する。これまで、目視により大まかに把握していた路面状態が、CAIS®により100m毎等きめ細かな把握が可能となる。また、これまで手動では100m毎に散布量や散布幅を変更しながら散布することは困難であったが、凍結防止剤自動散布システムは凍結防止剤散布車両の制御装置に制御信号を入力することでリアルタイム処理による自動散布が可能となる。

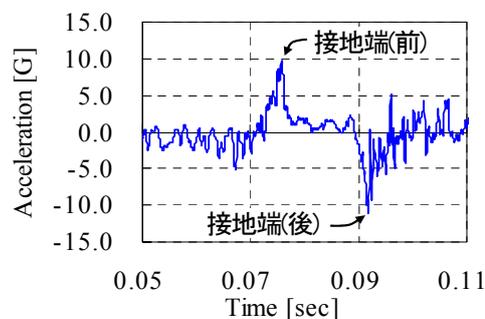
### 2.1 路面状態判別システム (CAIS®)

CAIS® (Contact Area Information Sensing) <sup>1)</sup>とは、接地面のセンサ信号解析に基づくタイヤセンシング技術の総称である。タイヤ振動は路面状態ごとに特徴的な波形を示す(図1)。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が、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。CAIS®は、タイヤ内面に加速度センサを設置し(図2)、路面状態に応じた波形特徴を定量化しマッ

ピングすることで、路面状態を7つ(乾燥・半湿・湿潤・シャーベット・積雪・圧雪・凍結)に判別する。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サーバに送信され、防災対策室などで閲覧することが可能である(図3)。



(b) 凍結路



(a) 乾燥路

図1 タイヤトレッド内面周方向波形例

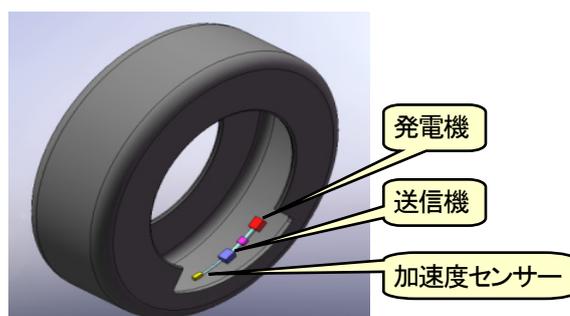


図2 CAIS®タイヤ内面



図3 路面状態判別システム (CAIS®)

\*1 (株)初スロ・エンジニアリング 北海道 \*2 (株)初スロ・メンテナンス北海道 \*3 NEXCO東日本(株) \*4 (株)ブリヂストン

## 2.2 凍結防止剤自動散布システム

凍結防止剤自動散布システムは、CAIS®の路面状態のデータベース（以下、「DB」とする）、WEBサーバ、自動散布制御装置、凍結防止剤自動散布ソフトからなる。剤散布車に搭載する機器は、自動散布制御装置、タッチパネル、GPS、通信モジュールである（図4）。自動制御は、剤散布車操作卓に自動散布制御装置をシリアル接続することで実施している。



図4 凍結防止剤自動散布装置搭載状況

## 2.3 路面状態に対応した凍結防止剤自動散布システム

剤散布車に搭載した薬剤を余ったまま放置すると凍結防止剤が固結し散布装置に不具合が発生する。また、凍結防止剤の散布は、路面状態に応じて散布量を変えながら散布することが難しかった。よって、全面散布や初終冬期に融雪による浸み出し箇所への部分散布が行われ、薬剤がまとまって余った場合は薬液槽に回収するが、通常は極力使い切るような作業を行っていた。このため、路面状態に応じて散布量を変えながら散布を行うためには、剤散布車へ積載する凍結防止剤の量を正確に事前把握する必要がある。

路面状態に対応した凍結防止剤自動散布システムでは、3～4時間周期で行われる雪氷巡回車両にCAIS®を搭載し、WEBサーバへリアルタイムに路面状態のDBを構築する。路面状態に対応した散布アルゴリズムを設定し、剤散布車に搭載したタッチパネルを用いた簡単な入力により、事前に凍結防止剤の積載量を算出することが可能である。また、凍結防止剤自動散布システムにより、高速道路本線を走行すると、GPSの情報から里程標（以下、「KP」（キロポスト）とする）の位置を把握し100m毎に散布アルゴリズムに基づき路面状態に応じて自動散布を実施する。本システムでは、事前に散布量を決し積み込むため凍結防止剤を余すことなく効率的な散布が可能である。図5に路面状態に対応した凍結防止剤散布システムの概要を示す。

### 3. 検証方法

#### 3.1 凍結防止剤

高速道路では、路面凍結防止のために凍結防止剤の散布は湿塩散布（ウエットソルト）を基本として実施している。湿塩散布とは、固形剤（塩化ナトリウム）と溶剤（塩化ナトリ

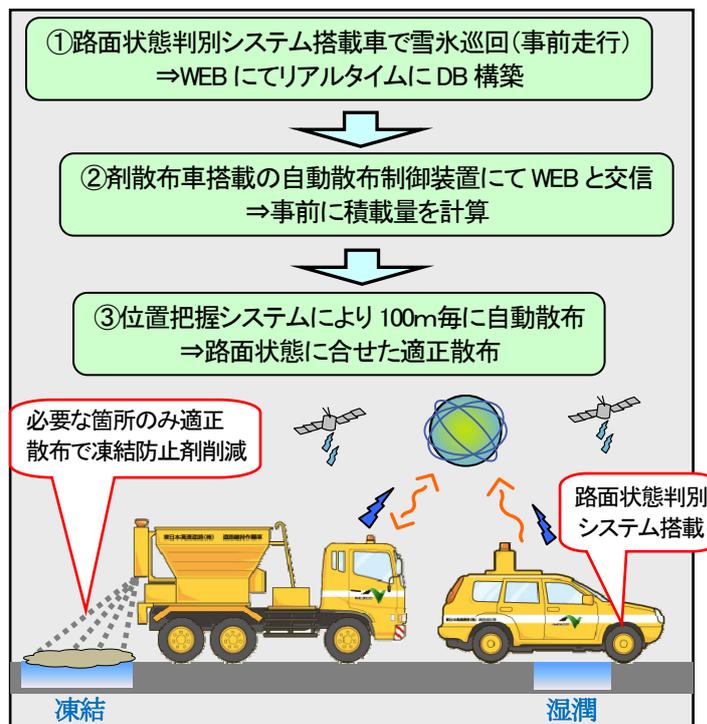


図5 路面状態に対応した凍結防止剤自動散布システムの概要

ウム溶液)を混合して散布する方法である。散布状態は、水っぽいシャーベット状で、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。固形剤や溶剤の単独散布による短所を補うことができる。散布量は固形剤と溶剤の総量であり、湿式割合とは散布量に対する溶剤の割合である。

#### 3.2 検証内容

終冬期に融雪による浸み出し箇所への自動散布試験を行い、路面状態に対応した凍結防止剤自動散布システムの有用性について実地検証を行った。試験日は、3月27日、4月4日、4月10日の3日間である。本検証では、融雪による浸み出し箇所をCAIS®で特定し、凍結防止剤自動散布システムにより散布を行った。検証内容は以下の3点である。

- ① 浸み出し箇所のみ自動散布
- ② 路面状態に対応した凍結防止剤散布システムの散布量
- ③ 自動散布と目視判断散布との整合性

#### 3.3 自動散布試験時の散布条件

図6に自動散布試験時の散布条件を示す。凍結防止剤自動散布システムの散布条件は種々の設定が可能であるが、本試験においては、半湿、湿潤であれば散布、それ以外は散布しないといったシンプルな散布条件とした。

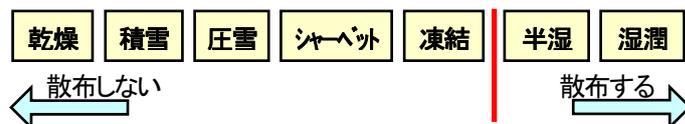


図6 自動散布試験時の散布条件

#### 3.4 散布フローチャート

図7に散布フローチャートを示す。路面状態の入力および散布条件の出力は、位置把握システムにより100m毎に行われ

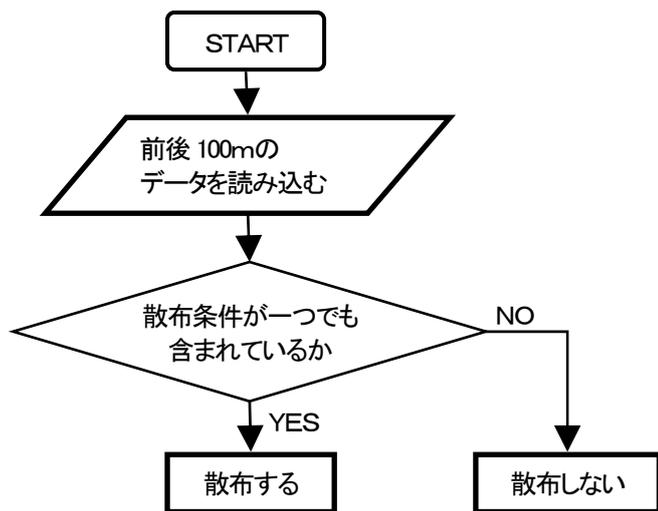


図7 散布フローチャート

る。前後100mのデータを読み込み、散布条件が一つでも含まれていると散布する設定とした。つまり、浸み出し箇所の前後100mを余分に散布する仕様である。表1に剤散布車の設定条件を示す。

表1 剤散布車の設定条件

実施日	車線	散布量	散布幅	湿式割合
3月27日	2車線	15g/m <sup>2</sup>	5m	15%
4月4日	2車線	15g/m <sup>2</sup>	5m	20%
4月10日	4車線	15g/m <sup>2</sup>	8m	29%

#### 4. 検証結果

##### 4.1 浸み出し箇所のみ自動散布

CAIS®による浸み出し箇所の抽出、凍結防止剤自動散布システムによる散布フローチャートに基づく自動散布は、3回の試験とともに浸み出し箇所の前後区間へピンポイントに散布できることを確認した。図8に浸み出し箇所への自動散布状況を示す。



図8 浸み出し箇所への自動散布状況

##### 4.2 路面状態に対応した凍結防止剤自動散布システムの散布量

表2に自動散布システムによる計算上の使用量と実使用量の比較結果を示す。自動散布システムの使用量は、散布幅と散布量、散布距離に応じて計算されるが、実使用量は、スクリュウの回転数と凍結防止剤の比重から算出される。凍結防止剤自動散布システムの算出量は、ほぼ実使用量どおりであることが確認できた。

表2 計算上の使用量と実使用量の比較結果

実施日	路面状態	路面出現距離	路面出現頻度	計算上の使用量	実使用量
3月27日	湿潤	7.6km	19%	0.485t	0.500t
4月4日	湿潤	2.3km	6%	0.228t	0.250t
	半湿	1.5km	4%		
4月10日	湿潤	0.5km	1%	0.230t	0.242t
	半湿	2.2km	5%		

##### 4.3 自動散布と目視判断散布との整合性

自動散布と目視判断散布との整合性の検証は、4月4日のデータを基に行った。自動散布後に同一箇所を目視判断散布(2重散布)し、散布量を比較することにより行った。表3に自動散布と目視判断散布との整合性の検証結果を示す。

当初設定した散布フローチャート(図7)では、自動散布量がやや多くなった。これは前後100m余分に散布しているからである。ここで、浸み出し箇所のみ100m毎にピンポイント散布すると自動散布量は0.132tと少なくなる。また、手前側へ100m余分に散布するとほぼ同一の値になる。これは、散布された凍結防止剤は、走行車両の風圧により進行方向へ移動するため、熟練オペレーターは少し手前から散布しているためである。従って、自動散布は手前側へ100m余分に散布する設定とすることで、熟練オペレーターの目視判断散布とほぼ同様の散布量になることが検証された。

表3 自動散布と目視判断散布との整合性の検証結果

自動散布		目視判断散布量
散布量	散布条件	
0.228t	散布フローチャート (前後100m余分に散布)	0.178t
0.132t	ピンポイント散布	
0.186t	手前100m余分に散布	

#### 5. 凍結防止剤散布量の削減検討

##### 5.1 散布条件

凍結防止剤の散布量を減少させるためには、路面状態に応じて散布量や湿式割合を変えながら適正散布を行う必要がある。図9に路面状態に応じた散布条件(試案)を示す。圧雪・凍結はこれまで通りに散布量:20g/m<sup>2</sup>、湿式割合:29%で散布し、乾燥・積雪は凍結防止剤の散布効果が小さいため散布しない。シャーベット・湿潤・半湿は、圧雪・凍結に比べて滑り難く路面に水分を含んでいるため、散布量と湿式割合を減少させることを考えた。

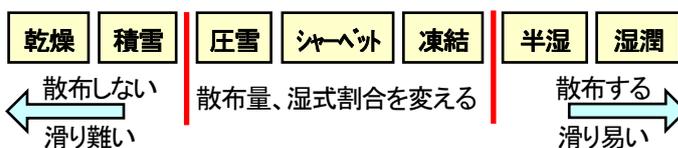


図9 路面状態に応じた散布条件(試案)

## 5. 2 適正散布の散布条件の設定値

表4に適正散布（路面状態に応じた散布）条件の試案を示す。固形剤の散布量はこれまでと同程度で溶剤は路面状態に応じて減少させた。また、半湿は排水性舗装の表面がうっすらと湿潤になっている状態であることから固形剤の散布量を減少させた。

表4 適正散布（路面状態に応じた散布）条件の試案

路面状態	乾燥	積雪	半湿	湿潤	シャーベット	圧雪	凍結
散布量 :g/m <sup>2</sup>	無し	無し	15	15	18	20	20
固形剤 :g/m <sup>2</sup>	無し	無し	12.0	13.8	14.0	14.2	14.2
溶剤 :g/m <sup>2</sup>	無し	無し	3.0	1.2	4.0	5.8	5.8
湿式割合:%	無し	無し	20	8	22	29	29

## 5. 3 実際とシミュレーションによる散布量の比較結果

図10に2013年2月初旬の路面ダイヤグラムを示す。実際の散布量と表4で示した適正散布条件の試案に則って散布を行った場合の散布量をシミュレーション計算した。得られた結果を表5に示す。

- ① 路面状態がほぼ凍結路であると散布量に違いは見られない
- ② 路面状態がほぼ湿潤路面であると固形剤の散布量に相違は無いが、溶剤の削減効果がある
- ③ 乾燥路の割合が高いと適正散布による凍結防止剤の削減が期待できる

凡例: ●凍結路、●圧雪路、●積雪路、●シャーベット、●湿潤路、●半湿路、●乾燥路、○未判定

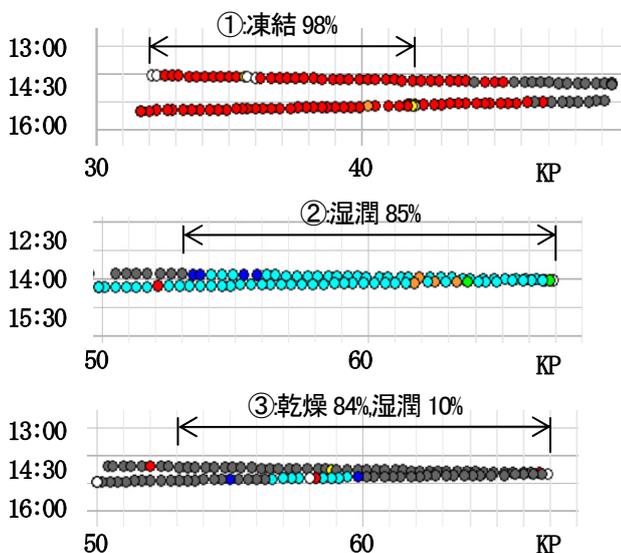


図10 2013年2月初旬の路面ダイヤグラム

表5 実際とシミュレーションによる散布量比較結果

No.	区間	実際の散布量		シミュレーションによる散布量(適正散布)		路面状態	
		KP	固形剤	溶剤	固形剤		溶剤
①	32~42		2.2t	0.8m <sup>3</sup>	2.0t	0.7m <sup>3</sup>	凍結
②	53~67		3.1t	1.1m <sup>3</sup>	3.0t	0.3m <sup>3</sup>	湿潤
③	53~67		3.1t	1.1m <sup>3</sup>	0.6t	0.1m <sup>3</sup>	乾燥、一部湿潤

## 6. おわりに

本研究による結果を以下に要約する：

(1) CAIS®による浸み出し箇所の抽出、凍結防止剤自動散布システムによる散布フローチャートに基づく自動散布は、3回の試験ともに浸み出し箇所の前後区間へピンポイントに散布ができており、本システムは有用である。

(2) 凍結防止剤自動散布システムの計算上の散布量は、ほぼ実使用量に等しく、浸み出し箇所の手前側100mから散布する安全側のアルゴリズムを採用すると、熟練オペレーターの目視判断散布量とほぼ同様となる。

(3) 実際の散布量と路面状態に応じて適正散布を行った場合の散布量をシミュレーション計算し比較した結果、路面の状態がほぼ凍結路であると散布量に違いは見られない。また、湿潤路面の割合が高いと固形剤の散布量に相違は無いが、溶剤の削減が期待できる。乾燥路の割合が高いと試案の適正散布条件では凍結防止剤の削減が期待できる。

浸み出し箇所のみ自動散布と路面状態に対応した自動散布は散布条件の設定が違っただけで、散布アルゴリズムは同様である。即ち、浸み出し箇所のみ自動散布の実地検証結果が良好という結果は、路面状態に対応して散布量や湿式割合を変えながら適正散布を行うことが実現可能ということを示している。今後は、厳冬期に自動散布試験を行い、凍結防止剤の削減効果、路面状態に対応した凍結防止剤自動散布システムの有用性について検証を行う予定である。

CAIS®によりきめ細やかな路面状態を把握し、①路面状態に対応した散布量、②道路構造に対応した散布幅、③路面状態に対応した湿式割合の設定、④暫定2車線道路での追い越し車線進入・進出時の適切な首振り設定など、熟練オペレーターによるノウハウを参考に適切な散布条件の設定を行い、路面状態に対応した凍結防止剤自動散布システムの最適化を図っていく必要がある。

散布する時期や路面温度、路面の残留塩分濃度等に基づいて、最も適切な散布条件が自動設定される散布アルゴリズムの開発が望まれる。

## 参考文献

- 1) 森永啓詩、花塚泰史、若尾泰通；タイヤセンシングシステムによる路面状態判定、自動車技術会学術講演会前刷集、36-10号、pp.5-8、2010

# 道路画像配信システムを活用した冬期道路管理について

谷藤 義弘\*1、大廣 智則\*2

## 1. はじめに

高速道路における冬期間の降積雪等は、交通に対する障害や通行止め等道路機能を低下させる原因となっている。

国の主要幹線道路としての高速道路は、社会的な重要性から年間を通じて安全かつ確実な交通を確保することが求められており、積雪寒冷地における高速道路の冬期道路管理では、雪氷による道路機能の低下を抑制するために行う雪氷対策が重要である。

高速道路の雪氷対策のうち、冬期路面管理のため行う気象や路面状況等の情報収集は、気象予測会社から提供される気象予測や路側に設置している気象観測機器による観測、道路パトロール、雪氷巡回により行われている。これらのうち、道路パトロールや雪氷巡回によって得られる現場の情報は、無線・電話による通話や気象、路面、視程等の状況を記録する用紙によって雪氷作業管理者に伝達されるが、現場におけるより詳細な状況が伝わりにくいなどの課題もある。

NEXCO東日本北海道支社では、冬期道路管理を高度化するため、雪氷作業管理者がオフィスにいながら全線の路面や気象、視程の状況をリアルタイムにビジュアル的に把握できる「道路画像配信システム」（以下本システムと呼ぶ）を平成21年度冬期から導入し、冬期道路管理に活用している。

本報では、この取り組みについて報告する。

## 2. システム概要

### 2.1 システム概要

本システムの概要を図1に示す。

本システムは、定期的あるいは緊急的に随時出動する雪氷巡回車や道路パトロールカー等に、WEBカメラ、GPS、通信モジュール、制御用PCを搭載し、撮影インターバル毎に動画映像から静止画像を切り出し、通信モジュールによりキロポスト（高速道路の距離標示、以下KPと呼ぶ）データ付きの静止画像をWEB送信するものであり、利用者は専用



図1 道路画像配信システムの概要

ソフトを使用し、指定URLにアクセスすることで道路画像をダウンロードし閲覧することができるシステムである。

### 2.2 システム運用状況

本システムは、平成21年度冬期より導入し雪氷巡回車7台で運用を開始した。以降、雪氷巡回車や道路パトロールカーへの搭載を拡充してきたが、道路管理者が行う定期的な巡回が3~4時間毎の間隔であり、短時間に発生する視程障害の把握が困難であった。そこで、定期的かつ頻繁に高速道路を走行する路線バス会社へ協力をお願いし、路線バスへ搭載して頂くことで画像情報収集間隔の短縮を図ってきた。これらにより、平成24年度冬期は雪氷巡回車21台、道路パトロールカー3台、路線バス14台に本システムを搭載し運用を行うことができた。なお、一部の車両は通年で運用を行っている。

## 3. システムの各機能

### 3.1 撮影・送信機能

画像は、事前に設定した撮影インターバル（200m）毎および雪氷対策上の要注意箇所を車両に搭載されたWEBカメラで撮影した動画から自動的に静止画として切り出す。これにGPSにより測定された緯度・経度情報をリアルタイムに高速道路のKPデータに変換し、静止画にテロップとして付加する。作成された静止画は、車載の通信モジュールによりインターネット回線を介してリアルタイムにサーバーにアップロードされる。なお、必要に応じて10m~20mの短いインターバルで静止画を作成し、後追いで送信することができる。

### 3.2 視程解析機能

サーバーにアップロードされた画像は、サーバー上で輝度コントラスト（輝度差）による視程解析を行い、視程を100m以下、100m~200m、200m~500m、500m以上の4段階に区分した視程ランクデータが付加される。

### 3.3 受信・閲覧機能

サーバー上の画像は、専用の受信ソフトを介してダウンロードすることで、道路管制センターや管理事務所などに設置したPCのビューソフトで常に最新のものを閲覧することができる。

リアルタイムの画像を閲覧するビューは、最新の画像を表示する巡回車ビューと地図上に視程ランク毎に色分けした表示を行う地図ビューの2種類がある。

\*1 東日本高速道路株式会社 北海道支社

\*2 株式会社ネクスコ・エンジニアリング北海道

図2に示す巡回車ビューワは、所掌区間を管理する管理事務所単位に4～6画面のマルチ画面表示を行い、管理事務所管内の道路状況を一目で把握することができるほか、画像をクリックすると当該車両で撮影された画像を図3のように1枚ずつ閲覧することができる。

図4に示す地図ビューワは、地図上に2km間隔で視程ランク区分により色分けされたマークを表示する。これにより、路線上の視程状況を把握することができ、マークをクリックすると当該箇所の画像を閲覧できる。

また、地図ビューワでは高速道路に設置されている監視カメラ等の静止画像情報も閲覧できる他、気象情報との対比を可能とするため、レーダーアメダスによる雪雲情報の同時表示ができる。

過去の画像等を検索し閲覧するビューワは、巡回車ビューワ画像を路線別、区間別に10m～200m毎のサムネイル表示をすることができるほか、監視カメラ等の静止画像についても同様にサムネイル表示をすることができる。このほか、図5に示すよう視程ランク区分により色分けされたマークを巡回ダイヤグラム上に200m毎に表示することができる。

画像解析による視程ランク区分の例を図6に示す。

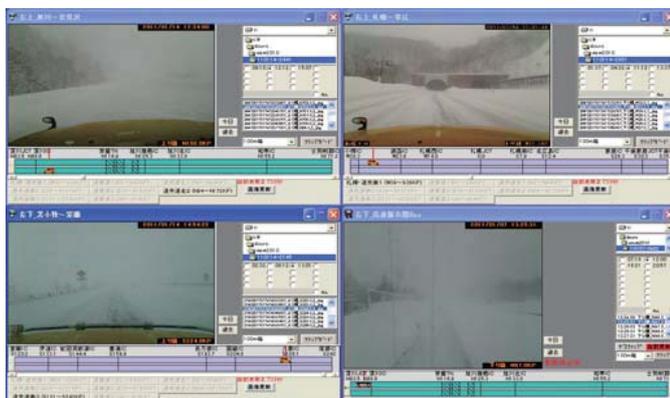


図2 巡回車ビューワ（マルチ画面表示）

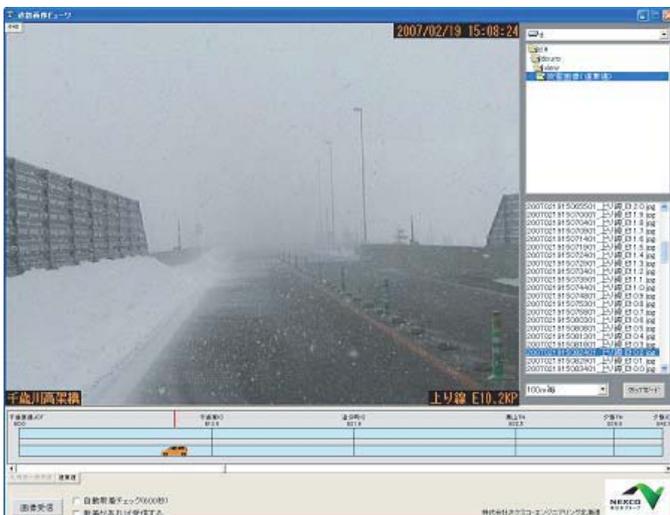


図3 巡回車ビューワ（車両毎表示）



図4 地図ビューワ

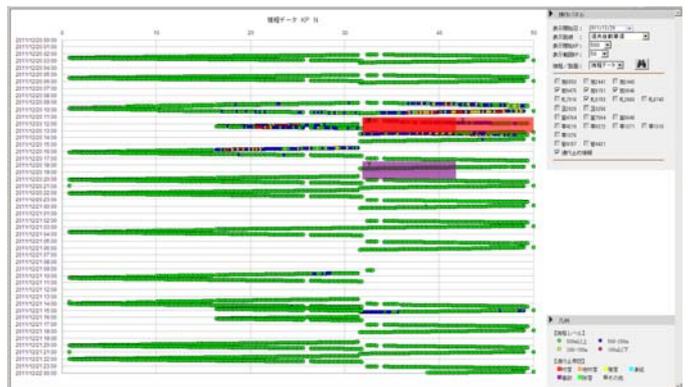


図5 視程ランク着色巡回ダイヤグラム

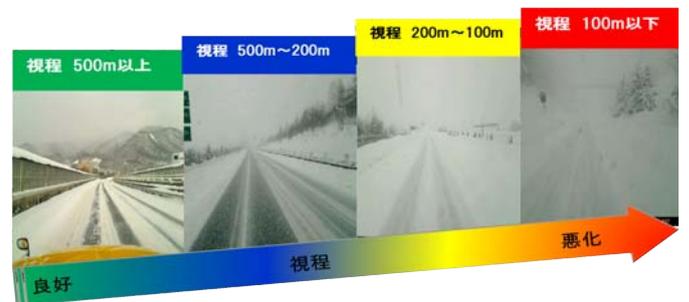


図6 画像解析による視程ランク区分例

#### 4. 本システムの活用状況

##### 4.1 雪氷対策判断への活用

本システムの導入により、リアルタイムに管理事務所管内の気象や路面の状況を画像で確認できるほか、視程状況を把握できる。また、隣接する管理事務所管内の視程状況に加えて雪雲状況も把握することができる。これにより、雪氷作業管理者は、従来に比べて多くのきめ細かな情報を得ることができ、より早期に計画的で適切な雪氷対策判断を行うことが可能となっている。

具体的な雪氷対策判断の活用例として、札幌市を通過する高架高速道路で行った運搬排雪判断の例と通勤時間帯における除雪判断の例を示す。

(1) 運搬排雪判断

札幌市内の高速道路は、国道と並行した高架橋で構成されている区間が大半を占めており、側方への投雪ができないため路肩の堆雪が増えた場合には運搬排雪を行う必要がある。運搬排雪はコストが高くてできるだけ回数を減らして計画的に行うことが必要である。図7に示すよう、本システムの画像によって路側の堆雪状況を連続的に把握することで運搬排雪の必要性を判断しつつ、現地の状況に即した計画的な運搬排雪（図7では、2月11日から作業を計画して実施）を行うことができた。

(2) 通勤時間帯における除雪判断

同区間においては約3~5万台/日の交通量があり、朝夕の通勤時間帯における除雪作業は、通行する車両に多大な影響を与える。このため、作業の実施判断は慎重に行う必要があることから、これまでは、同時時間帯における作業判断は巡回車両と頻繁に無線交信を行い実施していた。図8に示すよう、本システムにより、無線交信と併せて現地の状況を画像で確認することで適切な判断（図8では、路面積雪量と天候の状況から通勤時間帯後に作業を行うと判断）を速やかに行うことができた。

4.2 道路気象予測への活用

道路などの線状構造物は、地域のほかに標高や地形、道路構造が多岐にわたる。このため、道路気象予測を行う際に、予測時点の最新の現地状況を参照することによって気象予測の精度向上が期待できることから、本システムによる道路画像データは道路気象予測会社においても閲覧を可能として、道路気象予測に活用している。

4.3 交通事故等の緊急事象発生時の活用

本システムを搭載している巡回車が現場において交通事故などの緊急事象に遭遇した場合には、管理事務所や交通管制センターにおいて、現場状況の画像をリアルタイムに閲覧できることで、現場の状況を把握しつつ的確な対応や指示を行うことができる。（図9）

4.4 バス運行会社での活用

本システムを搭載しているバス会社においては、道路画像の閲覧が可能であり、定時運行の確保や安全運転のための事前情報として活用されている。

本システムの現在の活用状況を図10に示す。

日付	2009年2月5日	2009年2月7日	2009年2月10日
規模	小規模路肩堆雪	中規模路肩堆雪	大規模路肩堆雪
判断	運搬排雪の必要なし	4~6日程度で運搬排雪が必要	早急に運搬排雪が必要
道路画像	累計降雪量:0cm 	累計降雪量:20cm 	累計降雪量:40cm 

図7 高架橋区間路側堆雪状況の推移



図8 通勤時間帯における路面積雪状況画像



図9 交通事故遭遇時の現場状況

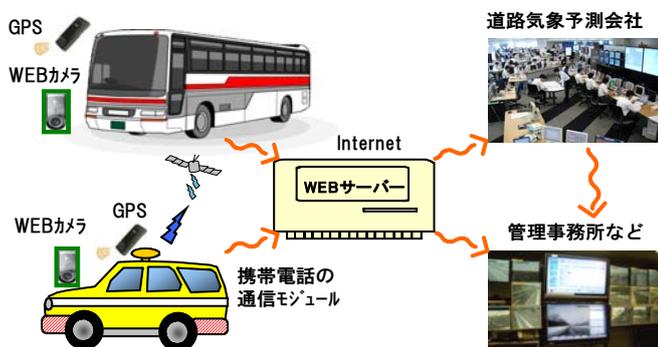


図10 本システムの現在の活用状況

## 5. 今後の展開および課題

本システムは、これまで上記のように活用されているが、さらに有効活用を図るため、以下のような活用や改良について検討して行きたい。

### ①視程障害が発生しやすい場所の抽出

本システムにより蓄積された画像の視程データを解析することで、統計的に視程障害が発生しやすい場所を抽出する。

### ②交通管理者との情報共有

積雪や吹雪等で通行止めとなった場合は、天候が回復した後や積雪等が解消した後に交通管理者が現地確認を行い通行止め解除の判断を行っている。

本システムを活用し、天候回復時や作業終了時に随時の雪氷巡回等を行うことで、道路管理者と交通管理者の双方が現場における最新の気象や路面の画像情報を同時に確認することが可能になる。これにより、現地確認に要する時間が短縮され、通行止めの早期解除が期待できることから、交通管理者へ画像情報の提供を行い情報を共有する。

### ③ハード面の改良等

WEBカメラに替えてスマートフォン等の利用による撮影機器の小型化や、車載機器の載せ替え時の省力化を図り、通信運用コストの削減に取り組む。

## 6. おわりに

本システムの活用により、これまでの人間の記憶や感覚による情報や記録以外のリアルタイムの画像情報を得ることができる。

これにより、視覚的な状況把握のほか、従前よりも適切な作業判断等を行うことが可能となることから、本システムは冬期道路管理の高度化に資するシステムであると考えられる。

今後も本システムをさらに有効活用できるよう、改良・検討を推進して行きたい。

## 参考文献

大廣智則、外塚信、小林健；北海道の高速道路における雪氷管理を高度化するための取り組み～道路画像配信システム・降雪量WEBシステム～、ゆきみらい2010in青森、第22回ゆきみらい研究発表会論文集、PP. 33、2010年02月

# 大鰐トンネルにおける路面凍結による事故対策 空隙充填型凍結抑制舗装の効果

小岩正美\* 1 田中清治\* 1

## 1. はじめに

トンネル内部はトンネル坑口間の気圧差や車両の走行により生ずる流れにより風の通り道となり日陰であることから気温が著しく低くなるため、水分が舗装面に付着すると路面凍結に至り易い。そのため、高速道路のトンネル坑口付近にはロードヒーティングを設置し、路面凍結を防いでいる。

しかしながら、東北自動車道 碓ヶ関IC～大鰐弘前IC間の大鰐トンネル下り線（L＝665m）においては、縦断勾配が下り勾配のため融雪水がロードヒーティング設置範囲外へ流れ、気象条件によっては路面凍結に至り交通事故が多発した。

本文では、ロードヒーティングに代わる事故対策として採用した凍結抑制舗装について検討・施工し、その結果について報告するものである。

トンネル内に20m設置している。路面凍結を確認した箇所は、トンネル内部の走行車線のわだち部であり（写真－1）、明かり部の排水性舗装では凍結していないことを確認した。

過去にロードヒーティングの融雪水による路面凍結が原因で交通事故が発生したことからロードヒーティングは停止し、排水性舗装により路面排水機能を高めることにより凍結の抑制を期待したが、凍結は収まらず4台が絡む多重事故が発生した。凍結防止剤は、3時間以内に定時散布しているものの平成23年度は豪雪の影響もあり、路面凍結による事故は年間8件と多く発生した。

道路構造の問題点としては、坑口手前35mで縦断勾配が上り1.5%勾配から下り2.8%勾配に変化することから、車両は加速した状態でトンネル内を走行し、更にはトンネル内で平面曲線半径R＝890であり進行方向の見通しが悪い（写真－2）。



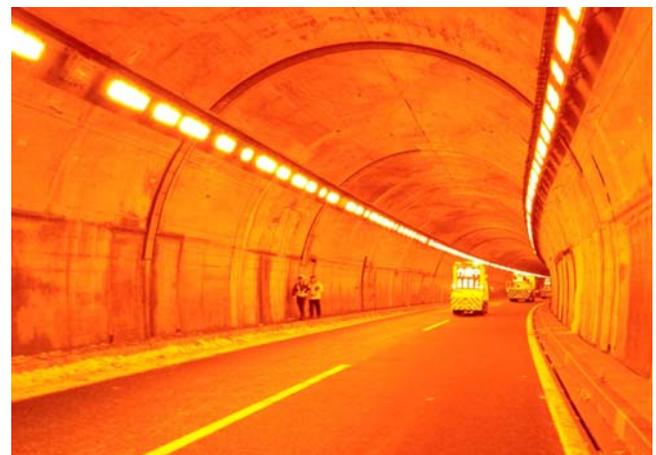
図－1 位置図



図－2 平面図



写真－1 路面凍結位置



写真－2 トンネル内の見通し（視距約240m）

## 2. 課題

路面凍結の原因としては、冬期間は降雪により明かり部は常に湿潤状態でタイヤによる引込み水やロードヒーティングによる融雪水により、舗装の骨材頂部に付着した水分が路面凍結に至ったものと考えられる。大鰐トンネル下り線入口付近のロードヒーティングは全長90mで、明かり部に70m、

\* 1 東日本高速道路(株) 青森管理事務所 (TEL 0172-782-1431)

当該箇所設計速度は80 km/hであり、停止車両を発見した際に停止や車線変更を行うための判断から行動までは決して容易ではないため、後続車が追突する二次災害にも繋がり易く、更なる対策が必要となった。

なお、平成24年度の冬期におけるトンネル内の平均最低路温は-5.0℃であり、平均最低気温は-8.0℃を記録し、累計降雪量については直近の大鰐弘前ICで約750cmを観測している。

### 3. 検討

事故要因である路面凍結を抑制する工法として、凍結抑制舗装を検討した。凍結抑制舗装は、化学系・物理系・物理化学系に分類され、更にその中でも多種多様な工法がある中で高速道路における東北管内のトンネルではグルーピング充填型が多く採用されている(図-3)。

グルーピング充填型は、舗装表面を縦断方向に切削したグルーピング溝にゴムチップ及びウレタン樹脂を充填する工法である。グルーピング充填型の施工前後の事故件数を比較すると東北における高速道路において平均2.0件/年から0.3件/年(平成15年~平成23年)に減少しており良好な結果が得られている。但し、排水性舗装にグルーピング充填型を適用すると、表層の骨材の密度が低いことからグルーピング溝と骨材の境において舗装が劣化・飛散するといった事例があり再施工が必要となる。更に補修の際には、再度舗装を施しグルーピングを設けるなど維持管理に手間を要する。大鰐トンネル内の坑口付近は排水性舗装のため、既存の舗装を活かすとともに再施工による維持管理費の削減も含めて検討した結果、グルーピングの必要がない空隙充填型のアメリウレタンを採用した。

本工法は排水性舗装などの表層の空隙にウレタン樹脂を充填し、ウレタン樹脂の撥水性能による着氷防止効果や充填した舗装母体からの反力により氷着を破碎するものである。通常の舗装の場合、氷が舗装面に密着しているため、車両の荷重が横方向に分散し破碎するほどの力が加わらない(図-4)。一方、本工法は、ウレタン樹脂により舗装面と氷板が接合されていないため荷重が分散されず、ウレタン樹脂と一体化した舗装母体から反力が発生するため小さな力で氷板に亀裂を生じさせ、はく離・破碎を起こすものである(図-5)。一軸圧縮強度試験結果では1cmの氷板が破壊する荷重は密粒舗装で約500kg必要であるのに対し、本工法ではわずか約40kgの載荷で氷板が破碎される結果となっている。よって、一般道ではアイスバーンとなった場合でも氷板が破碎しやすいといったことから早期の路面露出が期待できる。

なお、現地確認した際にトンネル内の走行車線のみ凍結していたことから、明かり部における舗装の状態を確認したと

ころ走行車線に若干のわだちが発生し、滞水箇所から水を引込んでおりわだちを解消するため舗装補修することも望ましいと考えた。

凍結抑制舗装の施工延長については、過去の事故発生箇所から判断し坑口から200mを施工範囲とし、施工幅については道路線形を考慮し車線幅員3.5m(1車線)のうち、2.95mを施工するものとした。

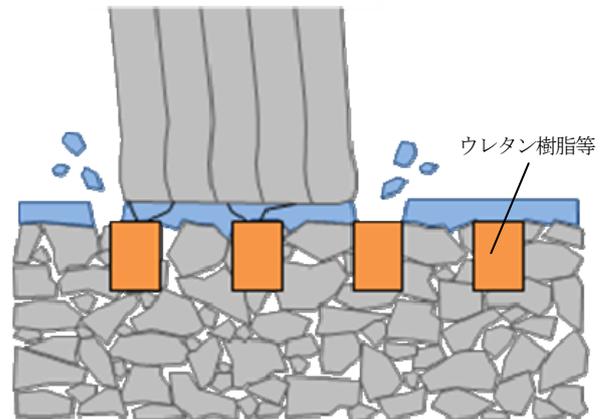


図-3 グルーピング充填型

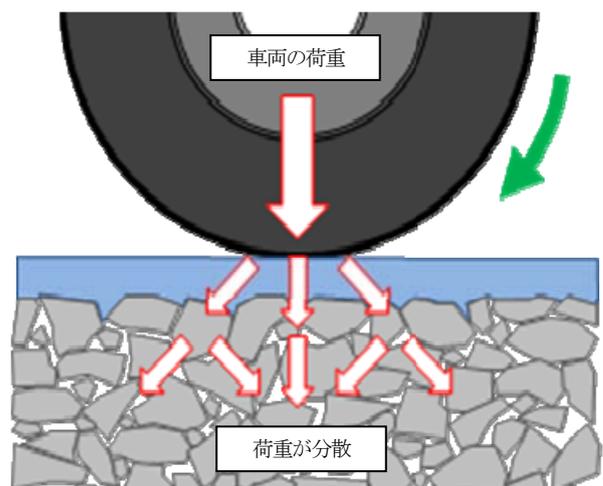


図-4 通常の舗装における車両荷重の分散

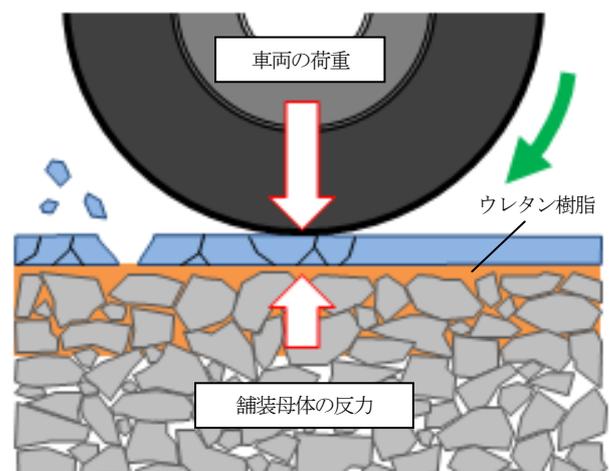


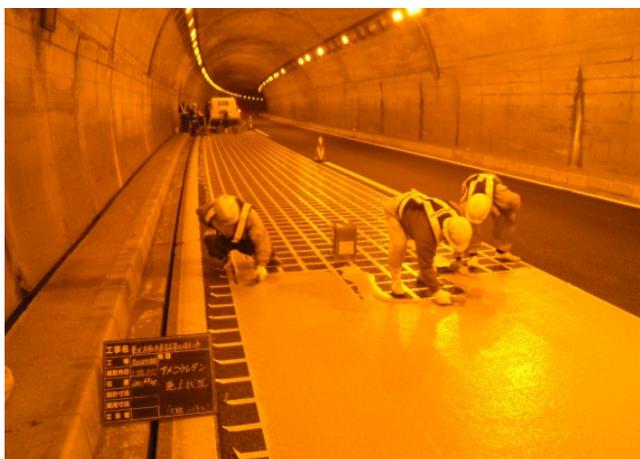
図-5 アメリウレタンにおける車両荷重と舗装母体の反力

#### 4. 施工

本工法の施工手順として、はじめに表層部の目詰まりとなる土砂などをエアークレーンや掃除機により取り除き、位置出しを行う。その後ガムテープによりマスキングを行い、プライマー塗布後にウレタン樹脂をコテで舗装空隙部に擦り込むように平滑に敷均し、舗装空隙部のウレタン樹脂はできる限り薄くなるよう充填するものである（写真－3）。硬化後には珪砂を散布し2時間程度の養生を行うもので、すべて人力施工となる。この工程の中で清掃作業を怠るとウレタン樹脂が充填されずに舗装表面に覆い被さった状態となり剥がれやすくなるため、品質を確保するためには清掃が重要になる。

本工法を適用できる舗装は排水性舗装や多機能タイプ砕石マスチックに限られ、密粒舗装にウレタン樹脂を充填することはできない。また、排水性舗装であっても著しい空隙詰まりや潰れを起こしている場合は適用できないため、比較的新しい舗装体に凍結抑制舗装を施すのがより良い品質確保に繋がるものと考えられる。

なお、ウレタン樹脂の面積は、1マス200mm×200mmとなり各々のマスに50mmの隙間を設けている。隙間を50mm設けているのは、舗装面全体に占める充填箇所を必要最小限に抑え、舗装が有する排水機能を損なわないためである。



写真－3 ウレタン樹脂充填状況

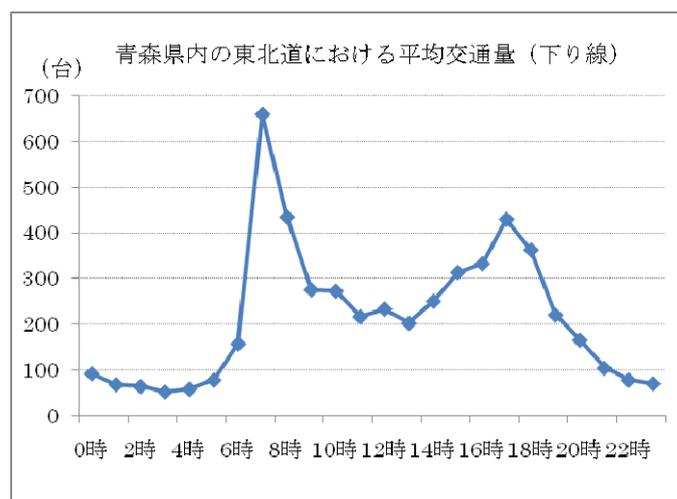
#### 5. 結果

本工法は車両の荷重により氷板を破碎するため、交通量が少ない場合に効果が発揮されにくい工法となっている。図－6は、平成25年1月の平均交通量の交通量を示しており、22時から5時までは約100台以下となっている。特に2時から3時では50台を下回り、路温も低下しやすい時間帯でもあるため、路面凍結に伴う事故が懸念された。しかし、平成24年度も豪雪に見舞われたものの平成23年度の冬期事故件数8件に対し、現在（平成25年9月末）までに1件も事故が発生していない。これによりトンネル内事故による

通行止めの削減にも繋がり、冬期交通の安全性確保の一助となったと評価できる。冬期間は雪氷巡回において日々路面状況を確認しているが路面凍結は確認されず、その他関係者からのヒアリングにおいてもスリップすることなく、DFテスターによるすべり摩擦係数についても周辺の排水性舗装には劣るものの基準値を満足しており、良好な走行環境を維持できていたものと考えられる。

なお、視程障害により通行止めとなるほど厳しい条件の際に現地確認したところ、ウレタン樹脂表面に凍結は確認できておらず歩行しても滑ることなく、わだち掘れなど舗装母体への影響もないことを確認しており、特に撥水性能による着氷防止効果が期待できるものと感じられた。

また、凍結抑制舗装施工前は凍結防止剤の散布範囲をトンネル全延長を散布していたが、施工後は凍結抑制効果を確認しトンネル坑口から100mに散布延長を縮めることに変更した。これにより凍結防止剤のコスト削減の他、ロードヒーティングを停止したことによる電力や燃料油脂費用のコスト削減が見込まれる結果となった。



図－6 青森県内の東北道における平均交通量



写真－4 凍結抑制舗装の完成状況

## 6. おわりに

交通事故対策の1つとして良い結果が得られているものの平成24年1月に施工完了してから約1年しか経過していないため耐久性については、今後も継続して追跡調査を行い検証しなければならない。一般道の施工実績では6年間補修することなく効果が持続しており、写真-5のとおり本工法を施行した車線は路面が露出しているものの、施工していない車線は圧雪路面となっている。

大鰐トンネルが位置する碓ヶ関IC～大鰐弘前ICの交通量は約4,500台/日であるが、カーブが起因と想定される摩耗によりウレタン樹脂の損傷が発生しやすいものと考えられる。現在のところ、再施工するほど損傷はしていないものの部分的にウレタン樹脂の剥がれが確認されている(写真-6)。

当該箇所は、前述のとおりトンネル内の線形がR=890であることから走行・追越車線ともに全幅施工としたが、採用にあたっては現地状況に合わせタイヤが走行する範囲のみ施工することで更にコスト削減を図ることが可能である。更にロードヒーティングを設置している高速道路のトンネルにおいて凍結抑制舗装を施工することで、ロードヒーティングに使用する電力・燃料油脂費用の削減のみならず、エネルギー使用量の削減に繋がることから環境面においても貢献できるものと考えられる。また、トンネルの建設時においても、ロードヒーティングに要する初期投資や機器の保守などのランニングコストの削減にも期待できるものと考えられる。

なお、大鰐トンネルにおいてはロードヒーティングの操作系統により、明かり部のロードヒーティングも併せて停止するため、凍結防止剤の定時散布により路面凍結を防いでいる。操作系統によっては出入口すべてが停止する場合もあるため、ロードヒーティングの代わりに凍結抑制舗装を行う場合には、操作系統の確認や明かり部における道路構造や事故要因の検証とその対策は必要である。

今後、追跡調査を行い耐久性に問題がないことが確認できれば電力・燃料油脂費用と比較しながら、より適正なライフサイクルコストを算出することで、コスト・エネルギー資源・交通事故の3つの削減が期待できると考えており、他のトンネルにおいても空隙充填型凍結抑制舗装を展開していきたい。



写真-5 一般道における凍結抑制舗装

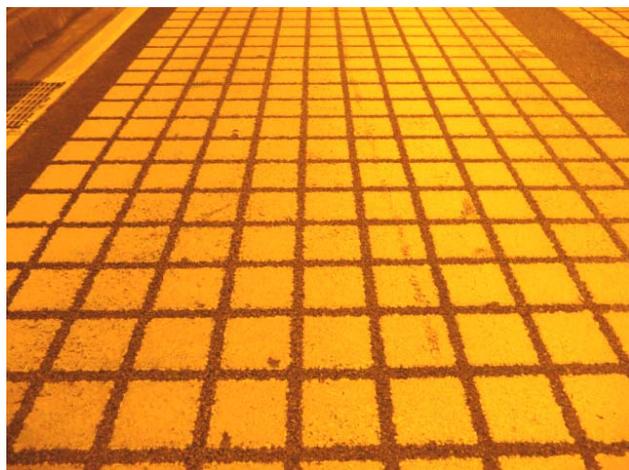


写真-6 凍結抑制舗装の現況 (施工後約1年)

## 積雪寒冷地における橋梁桁端部水切り材の適応に関する検討

早坂 洋平<sup>※1</sup>，光岡 達之<sup>※1</sup>，水野 優<sup>※2</sup>，古市 学<sup>※3</sup>，石村 大典<sup>※4</sup>

### 1 はじめに

1991年に施行されたスパイクタイヤ禁止条例以降，東北地方をはじめとする積雪寒冷地では，冬期間の通行安全性を確保するための凍結防止剤の散布量が，大幅に増加しており，特に高規格道路ではその増加量が顕著である。

東北地方の高規格道路で使用されている凍結防止剤の多くは，塩化ナトリウムを主原料としており，路面上の雪や，雪が解けた際の融雪水中には多くの塩化物イオンが含有している。この凍結防止剤を含有している水分が，橋梁をはじめとしたコンクリート構造物へ作用することで，コンクリート中へ塩化物イオンが浸透し，コンクリート中の鉄筋を腐食させる塩害が生じる。特に，この塩害が生じている部位は，橋梁伸縮装置部から漏水が生じている桁端部や橋面水が滴下する地覆部であり，特に桁端部には，支承やPC鋼材の定着部などの構造上重要物が設置されていることから，早急に伸縮装置などからの漏水や塩害による損傷対策を実施する必要がある。

そこで，一般的に塩害で損傷を受けた桁端部を補修するには，伸縮装置からの漏水を防ぐための伸縮装置の取り換えや伸縮装置の止水材の取り換えなどが行われ，その後，損傷を受けたコンクリートの断面修復などが行われる。

しかし，伸縮装置からの漏水対策や断面修復工では，多大なコストを要し，さらに，狭隘部での施工となり，性能を満たすための品質を確保することも非常に困難な状況である。また，断面修復後にも，更なる漏水により補修箇所が再劣化する場合もある。

上記のような実情を鑑み，伸縮装置などからの漏水から，コンクリート主部材を守り，塩害による損傷を予防するための，簡易水切り材の開発を試み，これを開発するとともに，実構造物への適用性の確認施工を実施した。

### 2 実構造物の損傷事例および対策の課題

これまで作られてきた橋梁の地覆下面には，一般的にVカット構造の水切りが存在している。これは，建設時に型枠に三角形の面木などを取り付けておき，型枠脱型とともに，この面木を外し，形状をかたどるものである。



写真-1 橋梁桁端部損傷状況



写真-2 地覆下面・張出下面損傷状況

しかし，この構造の場合，直接コンクリート躯体自体で水を切るため，水切り内部に滞水し，凍結防止剤を含有した水分が作用する環境では，塩害によるコンクリートの剥離などの損傷が生じ，水切りとしての性能を十分に発揮しない場合も多く見受けられる（写真-2）。

そこで，これらの対策として，面木やプラスチック製のL型板による水切り材が適用されている。以下にその概要と適用上の問題点を記すが，いずれも，設置後の水切り性能が条件によって異なることから，水切り性能の確実性が懸念され，新たな水切り材の開発が必要である。

#### 2.1 面木を活用した水切り

面木を活用した水切り材は，一辺 30mm 程度の三角形の面木をコンクリート躯体へ接着させ，その凸部で伸縮装置や地覆側面からの漏水を切る構造である。この面木を利用した水切りは，比較的容易に施工ができるため，施工数は多い。

※1 (株)ネクスコ・エンジニアリング東北 保全技術部 (TEL022-713-7290)

※2 ダウ化工(株) 産業資材部 (TEL022-267-8891)

※3 旭中部資材(株) 東北営業所 (TEL022-217-8870)

※4 高島(株) 東北営業所 (TEL022-222-1115)

しかし、この構造では、面木自体の角度や設置箇所の角度の影響で、漏水の越流やコンクリート躯体へ直接飛散するといった現象が生じることが、設置されている構造物の状況や3.4供試体実験により明らかであった。(写真-3)

## 2.2 L型板を活用した水切り

プラスチック製L型板を活用した水切り材は、コンクリート躯体へアンカーにより接着させ、その隙間をシーリング材などで遮水し、漏水を切る構造である。

この水切りも、比較的容易に施工ができるため、施工数が多いが、L型板とコンクリート躯体からの隙間に施したシーリング材の経年劣化による隙間からの漏水で劣化が生じている場合がある。(写真-4)



写真-3 面木による水切り



写真-4 L型板による水切り

## 3 新たな水切りの検討

### 3.1 材質の検討

水切り材は、地覆下面や張出下面などに設置するために、重量が重い場合は、落下の危険性があり、軽量で耐久性の高い材質にする必要がある。そこで、鉄製、ステンレス製、アルミ製、樹脂製の4つの材質での検討から、水切り本体の材質を決めることとした。

鉄製の場合、表面加工により高耐久化を図ることが可能であるが、重量が重く、さらに、押し出し成型などができないため、形状を作りだすための製造に時間を要し、生産性に課題がある。ステンレス(SUS)製は、鉄製に比べ、耐久性が高いが、鉄製同様、重量・製造方法に課題がある。樹脂製は、軽量であり、形状も容易に作り出すことが可能であるが、原材料の使用単位が多いため、大量生産する必要があり、大量生産を行わないとコストを抑えることができない。また、紫外線劣化により耐久性が他材料よりも低い。

したがって、水切り材本体の材質は、軽量・低コスト・押し出し成型による製造方法でコスト削減を図ることが可能なアルミ素材とした。

表-1 材質の比較

	鉄製	SUS製	アルミ製	樹脂製
重量	×	×	○	○
経済性	△	×	○	△
製造性	×	×	○	△
耐久性	○*	○	○*	×
総合評価	△	△	○	△

※表面加工次第で、高耐久化を図ることが可能

### 3.2 接着方法の検討

#### 3.2.1 接着剤

水切り材を取り付ける躯体は、雨水などの影響や経年劣化などにより表面が粗くなっている場合が多く、さらに、建設時の型枠の不陸による凹凸が生じている。そこで、取付け箇所へ確実に接着し、躯体との接着界面に剥離が生じず、現地での施工が容易に行えるといったこと考慮し、樹脂系接着材により水切りを取り付けることとした。

樹脂系接着剤は、一般的に、ウレタン系、アクリル系、エポキシ系、シリコン系があり、各々の特性を比較し、水切り材の取付け時の接着剤を選定することとした。

ウレタン系の特性として、硬化前・硬化中に水分の作用により加水分解する性質があり、アクリル系も水溶性であることから、雨水や漏水の影響を受ける環境下で、水切り材を付着させることは不可能である。エポキシ系、シリコン系の場合、上記2種類とは異なり、水分の影響を受けず、湿潤面にも接着可能である。しかし、エポキシ系は、シリコン系と比較し、3倍程度高価であり、さらに、2種類の溶液を混合して接着材を作るものが一般的であり、シリコン系と比較し経済性・施工性に劣る。

したがって、耐水性・経済性・施工性から、「シリコン系接着剤」を接着剤として使用することとした。

表-2 接着剤の比較

	ウレタン系	アクリル系	エポキシ系	シリコン系
耐水性	×	×	○	○
経済性	△	○	×	○
施工性	×	×	△	○
総合評価	×	×	△	○

#### 3.2.2 接着部の形状

水切り材の接着硬化後の自重による落下防止対策として、水切り材自体に返し効果を有する構造とした。これは、水切り接着面内に接着剤が浸入・硬化することで、水切り材と接着剤との界面で剥離が生じた場合でも、水切り材の自重を支えることを可能とした構造である。

この返し効果を持たせるために、接着剤の浸入部を2層構造とし、その隔壁に隙間を設けている。なお、この隔壁の隙間は、広いほど効果を有すると考えられたが、製造上の制約および接着剤の使用量から、2mmと4mmとで接着剤の浸入状況を確認し、間隔を選定することとした。

実構造物での人力施工を想定し、各間隔の水切り材に接着剤を塗布後、人の力で板へ圧着した際の断面の状況を写真-5に示す。

その結果、2mmの隙間でも接着剤は浸入しているが、4mmの隙間に比べ、浸入量が少なく、横方向への広がりもほぼないことが明らかになったため、この隙間を4mmとした。

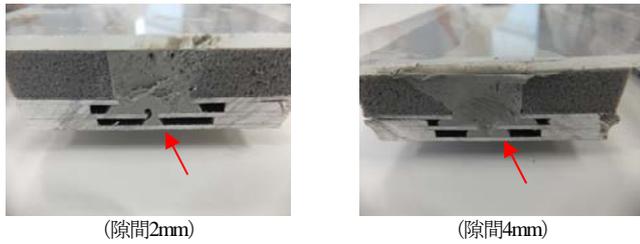


写真-5 接着剤の浸入状況

### 3.3 形状の検討

#### 3.3.1 基本形状の検討

水切り材の形状は、凹型では内部に水が滞水する場合があります、さらに既設構造物へ設置することを目的としているため、凸型の形状を基本とした。

この凸型形状では、三角形型と四角形型および円形型を検討したが、同サイズの四角形型と三角形型とでは、材料の使用量が三角形型の方が少なく、四角形の場合、内空の補強や角が2箇所あることで、付加させる水切り構造が多くなるなどの問題があった。また、図-1のような、円形断面の構造では、押し出し成型で作成する場合、肉厚を厚くする必要があり、重量増加が危惧された。そこで、三角形を基本とした構造で検討を行うこととした。

#### 3.3.2 水切り構造

基本構造は一般的な面木による後付け水切り材と同形状の三角形としたが、この場合、雨水や伸縮装置などからの漏水が越流する可能性があるため、下記に示す3種類の水切り構造をこの三角形断面に付加することとした。なお、付加条件は「確実に水が切れる」「切れた水が、極力、橋梁本体へ飛散しない」「ある程度の導水効果がある」「施工性」とした。

図-2に示す「Y型構造」の場合、上記面木による水切りより、水を切る性能が高いと考えられるが、面木同様、エッジ部で直接水が切れてしまい、強風時に躯体へ飛散することが考えられ、導水効果も低い。また、接着時に押さえつける側に板があるため、施工上、手を切るなどの危険性が懸念された。

Y型構造の課題を解決させるため、Y型エッジ部に底板を取り付け、この底板上に水が流れ、ある程度の導水機能を持つ構造(図-3)を検討した。しかし、散水実験により、導水しきれない余剰水が、底板下面に滞水している状況を確認した(写真-6)。この滞水中に凍結防止剤が含有していた場合、水切り材本体を腐食させる要因になる恐れがあった。

これらの形状検討より、水が切れ、導水効果がある「Y型+底板」の底板下面に、滞水防止のためエッジを設ける構造(図-4)を検討とした。この構造は、導水しきれない水もエッジで切れ、さらに、ある程度導水性も有しているため、エッジから飛散する水も少量になると考え、この形状で散水実験を行い、具体的なサイズなどを決めることとした。

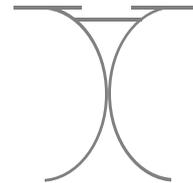


図-1 円形断面構造

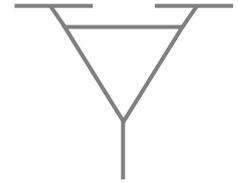


図-2 Y型断面構造

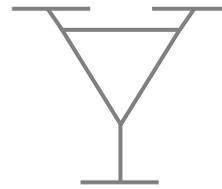


図-3 Y型+底板断面構造



図-4 Y型+底板+エッジ断面構造



写真-6 底板下面滞水状況  
(Y型+底板供試体)

### 3.4 供試体実験

#### 3.4.1 供試体

種々の検討結果より得られた形状のモデル供試体を作成し、その後、実構造物を模擬したコンクリート供試体へ取付け、水切り性能を確認した(図-5)。モデル供試体は、アクリル板により作成し、サイズは、一般的な水切りとして使用している面木に、水切り機能を付加した全高40mmを基準とし、20mm、30mmの3種類とした(図-6)。

コンクリート供試体へ取り付けられた後に、実際の環境を模した水の量を散水し、各々のサイズにおける水切り性能を比較した。なお、この散水実験では、水切りを全く付けていない場合と面木による水切りを取り付けた場合も確認している。

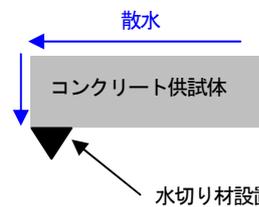


図-5 水切りモデル設置図

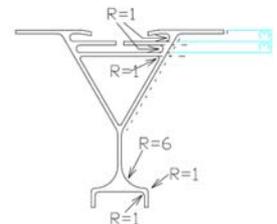


図-6 水切りモデル  
(高さ20, 30, 40mm)

#### 3.4.2 実験概要

散水実験における散水量は、冬期または融雪期のコンクリート上を“ひたひた”と流れる量、近年多発している時間雨量100mm超の豪雨、それ以上の想定外の豪雨の3パターンとしている。この散水量は、予め体積を求めた水槽に、規程の時間で溜まる水量に調整し、実験時は常に一定の水量で散水

した。コンクリート上をひたひたと流れる量に関しては、目視により水量を調整した。流量設定フローを図-7、散水実験概略図を図-8に示す。

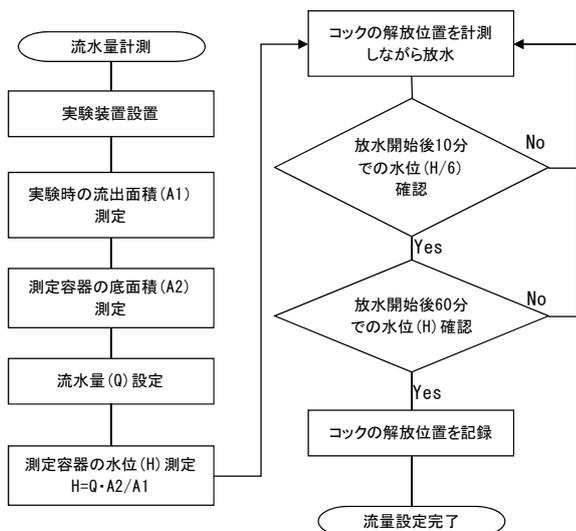


図-7 流量設定フロー

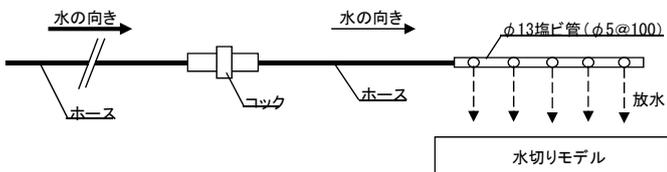


図-8 散水実験概略図

### 3.4.3 実験結果

実験の結果、水切りを取り付けていない場合、コンクリート供試体下面で奥行き方向に約300mmほど流れ込んでいることを確認した(写真-7)。一般的な面木では、面木の角度と一辺あたりの長さの影響で、水が切れた後も、奥行き方向へ飛散していることを確認し(写真-8)、実構造物のように、勾配がある場合には、越流または躯体へ直接飛散するものと考えられた。

新たに検討した水切り材の水切り性能は、3種類の水切り材で、融雪時の流量では水が確実に切れ、導水効果も確認できた。また、時間雨量100mm超の場合やそれ以上の流量では、20mmモデルで、水切り材の表面の長さが短くなることから、流れる水力を低減する効果が低く、面木ほどではないが、水切り後の飛散水が奥行き方向へ飛散している状況であった。なお、30mmおよび40mmモデルでは、水切り材表面を流下した水が外側へ跳ね返されるように水が切れている状況であった。このようなことから、実構造物へ設置する水切りのサイ



写真-7 水切りなしの場合



写真-8 面木の場合

ズは、どのような水量でも水を切る効果を有し、生産時の材料使用量も少ない、高さ30mmが最適であると考えられる。



写真-9 20mmモデルの場合

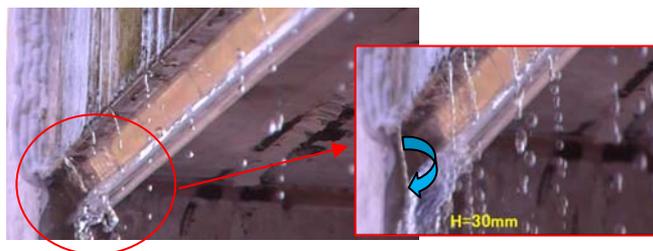


写真-10 30mmモデルの場合

## 4 実橋検証

これまでの種々の検討により開発した水切り材を実橋へ適用し、その結果を示す。対象橋梁は、NEXCO東北支社管内の2橋で、いずれの橋梁も供用開始から約35年以上経過しており、桁端部は、長年の雨水や凍結防止剤の作用および凍結融解の繰返しにより、コンクリート表面が薄層に剥離するなど劣化が生じている状況であった。

このような状況下で、1mの水切り材を地覆下面および張出下面に取付け、付着性能や水切り性能を確認した。

付着性能は、接着後から約1時間で、人がぶら下がっても剥離することもなく、十分な付着力を有していることを確認した。また、水切り性能に関しても、降雨、降雨翌日の確認でも、水が的確に切れコンクリート躯体へ直接飛散せず、導水効果もあることを確認した。今後も継続的に観察を行う。



写真-11 水切り材取付け前

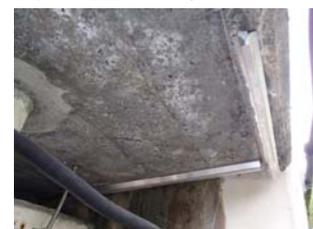


写真-12 水切り材取付け後

## 5 まとめ

橋梁桁端部をはじめとする凍結防止剤を含有する漏水による塩害を予防する一つの方法として新たな形状の水切り材を開発した。今後、積雪寒冷地における凍結防止剤による塩害は、急激に増加することが想定されるが、抜本的な対策を行うには、莫大な予算が必要となる。そこで、この抜本的対策を施すまでの数年間でも、このような簡易的な対策を施すことで、構造物の延命化を図れ、さらに、種々の予防保全の一つの方法としても、実構造物へ適用可能であると考えられる。

## 山形自動車道山形管理事務所管内の冬期交通確保の取組

菊池 勝三\*1・三浦 勝幸\*1・土橋 博文\*2・沼田 剛\*2・大槻 知弘\*2

### 1. はじめに

2011年（平成23年）2月27日に山形県西村山郡西川町月山沢の国道112号で全層雪崩が発生した。当該斜面に隣接する山形自動車道月山ICの斜面についても、斜面上部にクラックが発見され、雪崩発生が危惧された。そのため、国道112号に加え山形自動車道も通行止めを余儀なくされることとなった。

雪崩発生が危惧された斜面の位置図ならびに全景は図-1および写真-1の通りである。

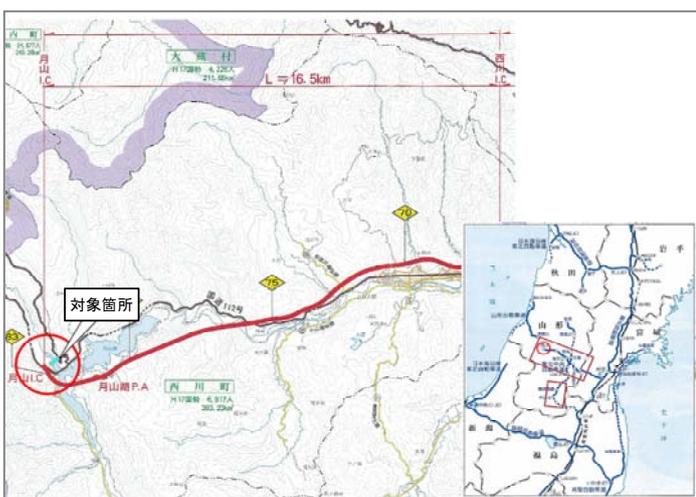


図-1 対象箇所位置図



写真-1 対象斜面全景(2011年3月8日撮影)

### 2. 雪崩対策施設の設置

高速道路建設前の現地写真では、対象斜面下部の月山IC

部分には、樹林が存在していた。また供用後、現在までにICに達する雪崩は確認されていないため、今までに大規模な雪崩が道路敷まで到達したことはないと考えられた。

ただし、毎年春先に斜面の積雪がブロック化し、小規模な崩落が発生しているとともに、表層雪崩のように積雪条件や気象条件に左右される雪崩は、発生の可能性を否定できないため、対策工法の検討を行い、雪崩防護柵を設置した。(写真-2・写真-3)



写真-2 雪崩防護柵



写真-3 雪崩防護柵

### 3. 山形自動車道の冬期交通確保の取組

上記のとおり、月山ICにおいて、雪崩対策施設の施工を行うことにより、対象斜面から発生する雪崩に対して防護対策を実施した。ただし、現段階では、雪崩の発生箇所・規模・雪崩の運動などの雪崩現象は仮定の域を出ていない。想定した規模以上の雪崩の発生も考慮して、斜面点検や雪崩の

危険性が増した時のソフト的な対応も考慮する必要がある。

また、月山IC以外にも、自然斜面の雪崩や人工斜面の崩落雪など、積雪に起因した交通障害となる箇所がないかを把握し、早期の対応による危険因子の除去を行っていく必要がある。

上記の課題を解決するため、ネクスコ東日本山形管理事務所が管理する山形自動車道においては、表-1に示す冬期交通確保の取組を行っている。

表-1 冬期交通確保の取組

項目	内容	
雪崩防止エキスパートの育成	雪氷障害(雪崩や崩落雪)の知識と雪氷障害の危険性や対応方法の習得による専門家の育成	
雪崩点検ツール作成	雪崩パトロール手帳	基礎知識、点検時のポイント等
	雪崩対策施設台帳	設置基数、設置状況等の資産量
	雪崩点検台帳	各点検チェックリスト報告様式、年間報告様式

雪崩の発生条件を定量化することは難しいが、雪崩発生箇所に関しては、長期的な道路管理により、ある程度危険箇所の抽出が可能である。ただし、雪崩の発生時期の予測に関しては、現段階では不確定要素が多い。

雪崩防止エキスパートの育成は、道路管理者が、雪氷障害(雪崩や崩落雪)の知識と雪氷障害の危険性や対応方法について判断できるよう、有識者による現地・室内での実習講習を行い、雪崩に対する危険性の判断や対応能力を向上することをねらいとした長期的な取り組みを行っている。

また、雪崩点検ツールとして、各種点検ツールの整備を行った。雪崩パトロール手帳・雪崩対策施設台帳・雪崩点検台帳などを整備する取組を実施中である。ツール作成にあたっては、雪害発生の可能性のある箇所を抽出し、箇所ごとの斜面特性と点検時のポイントを考慮し、現地での適用性の高い資料となるようツール類の整備を行っている。

#### 4. 雪崩点検ツール作成

##### 4. 1 雪崩パトロール手帳

雪崩パトロール手帳は表-2に示した構成とし、作成にあたっては雪崩の基礎知識および緊急時の連絡体制、雪害対応が必要な箇所について記載した。雪崩対応が必要な箇所においては、対応等の判断材料とするため、図-2に示すような点検時期・点検時の着目点・対策方法のポイントについて記載し、点検ポイントを容易に確認できるように、持ち運び可能な雪崩パトロール手帳とし、現地での適用性の高い手帳の整備を行った。

表-2 雪崩パトロール手帳の構成

章	内容
第1章	雪崩・崩落雪危険時及び発生時の点検方法
第2章	雪崩・崩落雪の基礎知識
第3章	山形管内の危険ポイント
第4章	対処方法及び応急対策

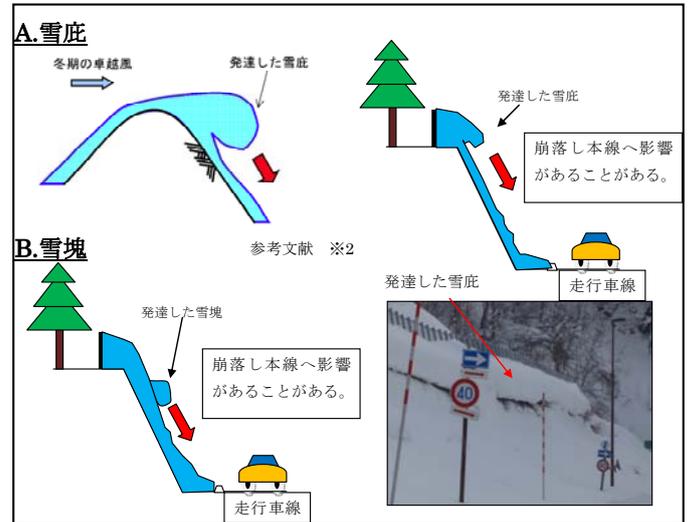


図-2 雪崩パトロール手帳危険ポイント例

##### 4. 2 雪崩対策施設台帳

雪崩対策施設台帳については、現状の雪崩対策施設の設置箇所・形状・状態・破損補修履歴等が記載・記録できる様式とし、資産量を把握できるものとした。

##### 4. 3 雪崩点検台帳

雪崩点検台帳は、表-3の構成で作成した。

現地状況について手書きで記録する車上点検編と降車点検編様式を作成するとともに、点検後、現地状況について簡易に記載可能な雪崩点検報告様式を作成した。

また、各箇所の雪害履歴及び対応方法を年度別に記載する年度点検報告様式の整備を行った。

表-3 雪崩点検台帳の構成

項目	内容
車上点検	走行しながら各箇所の状況を記録
降車点検	車上点検で詳査が必要と判断された箇所について降車し状況を記録
雪崩点検報告	対策必要箇所の記録・対処方法の記載
年間点検報告	事象等が発生した法面の報告記録記載、過去の履歴の保存

#### 5. 山形管理事務所管内 雪崩防止検討会活動

本検討会は、雪崩関連知識の脆弱性を痛感した事から開始した会であり、ネクスコグループの斜面監視、管理における専門的知識の習得・継承を目的として2011年度から継続し実施している。

### 5. 1 検討会活動内容

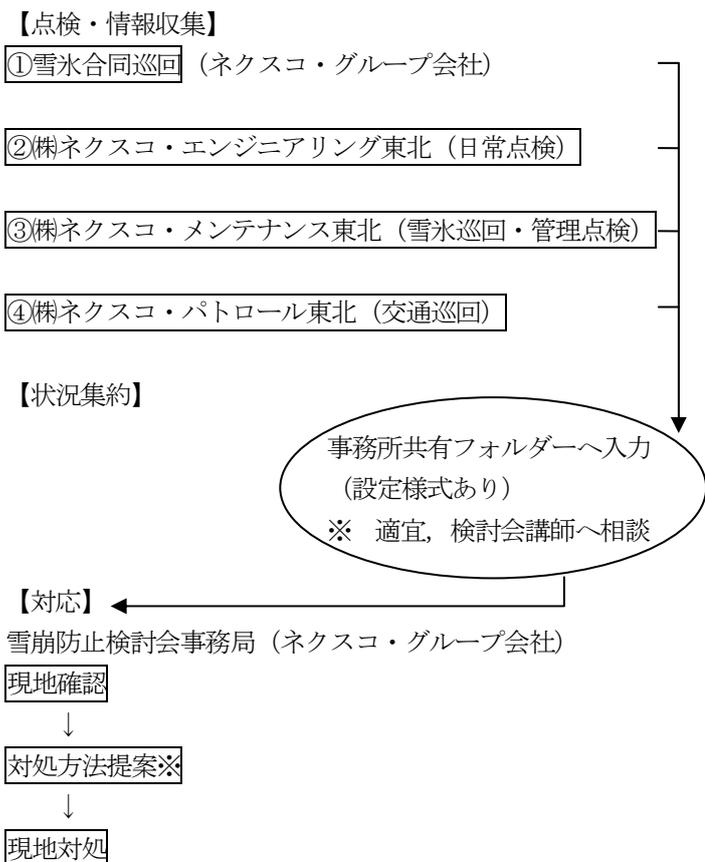
検討会は、専門の講師を迎え、支社・隣接事務所を含めグループ全体の参加で、年6回開催している（5月融雪後・11月降雪前・12月初冬期・1月2月厳冬期・3月融雪期）。

以下の目標を設定し、継続性・PDCAより5年間の継続活動としている。

- (1) 点検業務・・・専門家による現場点検及び点検結果の振返りを中心とした斜面監視技術の習得
- (2) 指針等の整備・・・斜面監視の基本的な指針として整備（斜面管理台帳・パトロール手帳他）
- (3) 作業の安全・効率化・・・雪底処理、堆積スペース確保等安全かつ効率的作業の実現（備品整備・機械化推進・雪氷車両更新計画等）
- (4) その他・・・斜面監視の更なる向上を目指して、雪氷学会や防災科研等が開催する講習会への参加

### 5. 2 2012年（平成24年）施行 雪崩監視体制

雪崩点検ツールを整備後、山形管理事務所管内で初の雪崩監視体制をした。点検・情報収集からその対応に関しては以下の流れに従い実施した。



### 5. 3 活動成果（雪崩監視体制における具体的対応の例）

(1) 笹谷トンネル（上り）西坑口 “落雪” 対策

2011年2月に笹谷トンネル西坑口のり面（コンクリート

擁壁）上の積雪が崩落し、本線へ流出した。事前対策として、落雪防止ネット・樹木伐採を実施していたが、2013年2月28日に落雪の危険性を確認した。その対応として、3月1日に路肩堆雪ポケットを確保することにより交通の安全確保を行った（写真-4・写真-5）



写真-4 笹谷TN西坑口 対応前



写真-5 笹谷TN西坑口 対応後

(2) 月山湖PA（下り）ランプ “落雪” 対策

2012年2月に、ブロックのり面上段のフェンス付近の雪底がランプ車道へ流出した。事前対策として、樹木伐採を実施していたが、2013年3月末の検討会で落雪の危険性を確認し、4月4日に崩落の恐れのある雪底の除去と堆雪ポケットの確保を実施した（写真-6・写真-7）。



写真-6 月山湖PA(下り)対応前



写真-7 月山湖PA(下り)対応後

## 6. おわりに

2011年の大規模雪崩に端を発した本検討会の活動も2年目に入り、監視体制の試行・指針の整備（パトロール手帳他）等から具体の成果も現れている。

また、検討会議論として雪崩（落雪）に限定されず、路肩雪底の発生防止方法、トンネル坑口からの落雪対策、効率的な機種の選定、他機関での雪害対処方法など、雪害に関して幅広く議論され、疑問に対しては経験豊富な講師より明快・丁寧な説明があり、非常に有意義な検討会となっている。

今後、検討会名称を「雪崩・雪害対策検討会（案）」とする等修正を図り、他事務所を含め広く参加を呼びかけ、雪崩に限定することなく幅広く高速道路管理上の雪害対策を議論・共有し、安心・安全な高速道路の交通確保を行っていく所存である。

\* 1 東日本高速道路株式会社東北支社山形管理事務所

\* 2 株式会社ネクスコ・エンジニアリング東北

# WEBカメラの増設による雪氷作業指示の効率化について

松本 弘行\*1

## 1. はじめに

十和田事業所は、東北自動車道の安代IC～碓ヶ関ICの岩手、秋田、青森の3県にまたがり、66.1kmの雪氷対策作業を担当している。十和田管内は、図-1のように奥羽山脈を太平洋側から日本海側へ北上しながら横過する路線であるため、極めて急峻な山岳地帯と白神山地の裾野を通過平面線形・縦断線形とも厳しい区間である。また、標高も花輪盆地の前後が300～400mと高いことから、冬季の気象条件が厳しく、地吹雪による視程障害や吹き溜まりなど雪氷障害が各所で数多く発生し、冬季の交通の難所となっている。そのため、冬季の雪氷作業においては、時間・場所で目まぐるしく変化する気象、路面状況へ対応しなければならず、非常に管理の難しい路線となっている。

雪氷作業においては、現在設置されているCCTVと、各種気象観測データ、雪氷巡回による気象情報、路面状況を確認し行っているが、より効率的に的確な作業指示を行うために、平成21・23・24年度に取り組んだ冬季限定WEBカメラを設置し、雪氷作業指示の効率化へ取り組んだ成果について紹介する。

## 2. 十和田管内の冬期間の状況

### 2.1 雪氷対策期間及び降雪状況

十和田事業所の雪氷対策期間としては、毎年11月上旬か

ら4月下旬までの約6ヶ月間である。十和田管内の年間降雪量は、図-2に示すとおり約8m前後である。雪の降り方は深々と降り積もる時もあれば、ゲリラ的な豪雪が続く時もあり、年々によって異なる。

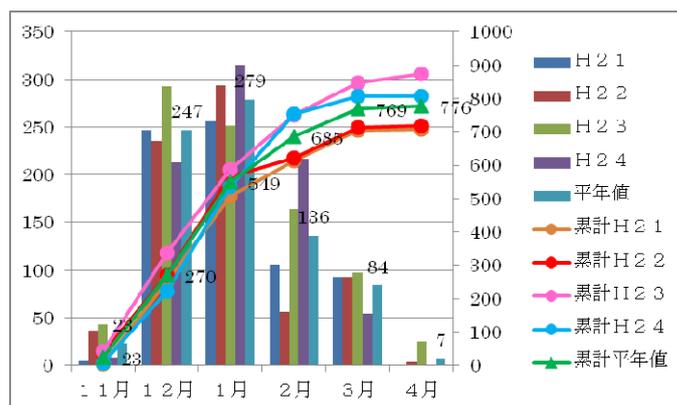


図-2 十和田管内降雪量

### 2.2 高速道路の除雪作業

十和田事業所の除雪作業は梯団除雪（写真-1）といい、複数の除雪機械がそれぞれ役目を取り決め、グループで除雪作業することである。編成は大型除雪車2台で構成され、1台目は追越車線の除雪を先行して行い、2台目は遮断機付きの

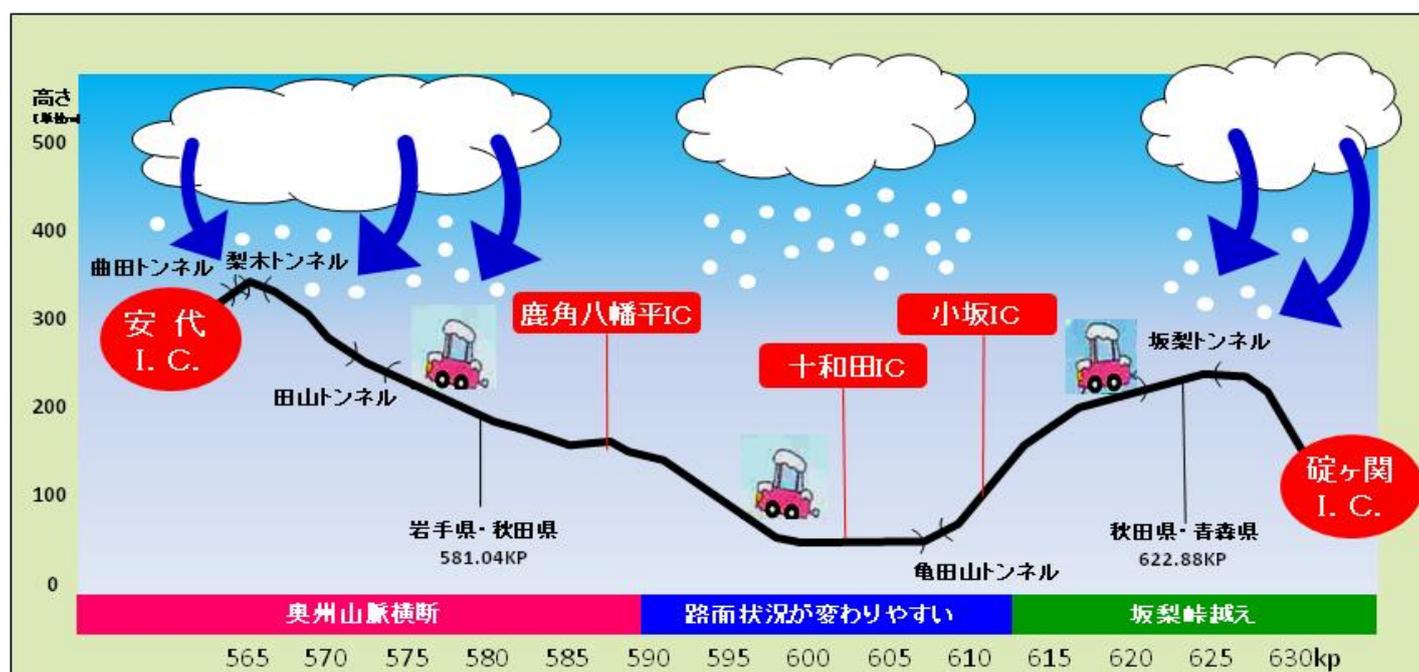


図-1 十和田管内路線状況図

\*1 (株)ネクスコ・メンテナンス東北 十和田事業所

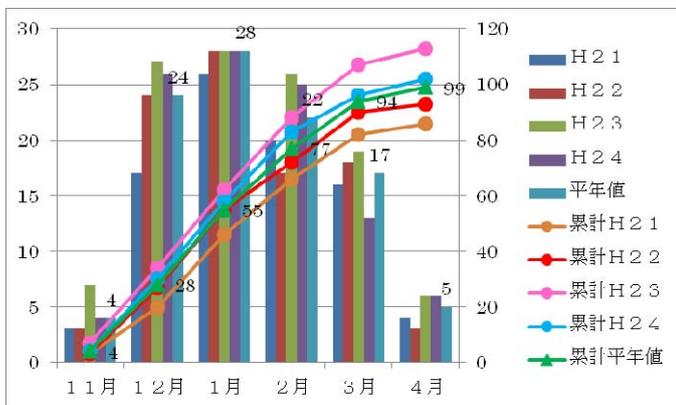
除雪車（写真－２）で、走行車線を除雪する。遮断機付き除雪車とは、走行車線の除雪作業を除雪しながら、追越車線にお客様車両を進入させないようにする、除雪車両本体から右サイドに突き出した装置付除雪車である。初冬期、終冬期の除雪は、黒路面を維持できるように実施し、厳冬期は路面積雪量3～5 cm以上にならないように除雪を行っている。



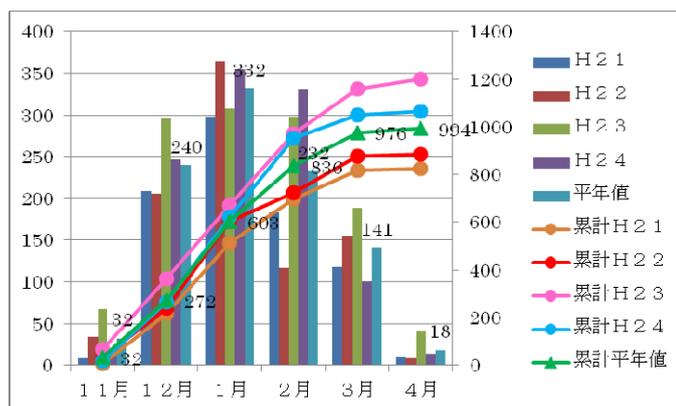
写真－１ 梯団除雪状況



写真－２ 遮断機付き除雪車状況



図－３ 除雪作業日数



図－４ 除雪作業回数

図－３、図－４に示すとおり期間中の除雪作業日数は平均9.9日、除雪回数は年間で平均99.4回実施している。また、厳冬期（12月～2月）に関しては、ほぼ毎日除雪をしており、月270回実施している。

### 3. これまでの経緯

これまでの雪氷作業指示は管内に5箇所設置されているCCTVと、各種気象観測データ、雪氷巡回の連絡員による報告、また、高速隊、交通管理隊からの作業要請により、作業の指示を行っていた。CCTVは5箇所、局所的な気象急変情報の把握は出来ず、従来の雪氷作業指示では適時の作業指示は困難であった。また、報告が防災対策室に入ったとしても作業指示から作業開始までには時間がかかり、雪氷基地からの距離によっては、作業指示があつてから現地処理するまでに1～2時間はかかることもある。そのため、平成21年度よりCCTVほどコスト（3.5万円/台・月）と設置時間がかからない、鮮明な映像により現地状況の逐次把握が可能なWEBカメラを管内に設置し、管理することとした。

### 4. WEBカメラの概要

WEBカメラは、写真－３のようにモニカム1型と2型の2種類があり、今回、左右方向が広範囲に監視できるモニカム2型を設置した。静止画像が10秒ごとに伝送されるタイプで、インターネット上でIDとパスワード入力によりどのパソコンからも映像の入手が可能である。また、カメラ方向やズーム倍率を自在に操作もできる。



写真－３ WEBカメラ概要

照明柱が近傍にない箇所については、夜間の視認性が悪いことから平成24年度からは、写真-4のようにLED照明を設置し、夜間の視認性を向上させている。LED照明は走行車両への配慮から下流側へ照射角150°で照射している。



写真-4 LED照明状況



写真-5 WEBカメラ設置状況①



写真-6 WEBカメラ設置状況②

### 5. WEBカメラの設置状況

WEBカメラの設置場所については、雪氷作業指示者や交通管理隊等からの聞き取り及び現地確認により、吹雪多発箇所、事故多発箇所、線形の厳しい箇所を設置場所に選定した。図-5のように平成21年度に3台設置し、平成23年度からは6台に増設、平成24年度にさらに倍の12台に増設し、活用している。

設置方法については電源を確保する観点から、写真-5のように電源のある照明柱や非常電話の手摺等に添架している。取付自体は、写真-6のようにフリーサイズブラケットと固定バンドとの組み合わせで、あらゆる直径の支柱に設置することが出来る。なお、設置高さは除雪時の着雪の影響や反対車線側の視認性を考慮し、路面より約5m程度としている。

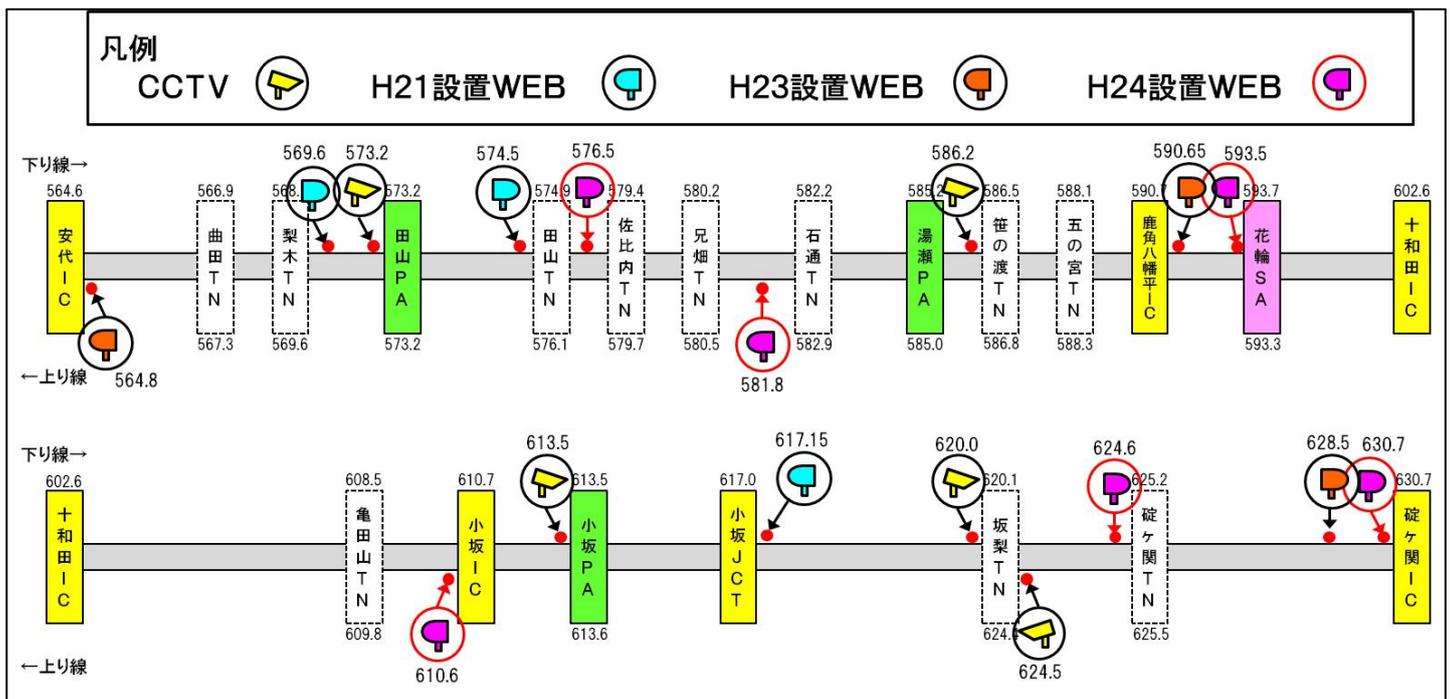


図-5 WEBカメラ設置箇所一覧

写真-7、写真-8はパソコンのモニターから見られる状況である。1つのパソコンで全箇所を把握できるようになっている。

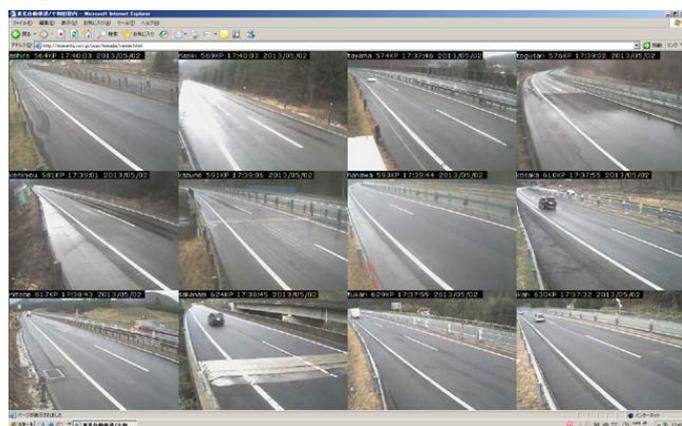


写真-7 モニターの状況（日中）

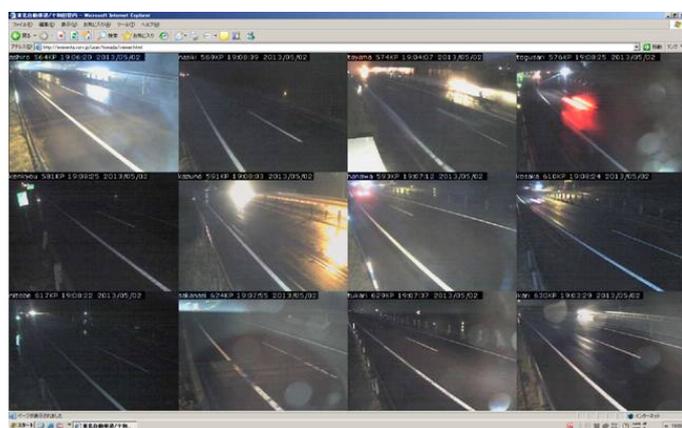


写真-8 モニターの状況（夜間）

## 6. WEBカメラ設置後の成果

WEBカメラ設置後は、表-1に詳細を示すとおり、高速隊や交通管理隊からの要請、雪氷巡回の報告がある前に、モニターの映像で判断し指示するケースが、全体の32%（WEBカメラ台数：12台）と、平成23年度（WEBカメラ台数：6台）と比較して10%増加した。また、件数には表れないが雪氷巡回開始する前に、モニター映像を確認し、碇ヶ関（下り方向）方面か安代（上り方向）方面か、優先して確認すべき方向を判断できるため、現地での状況確認も迅速に行うことができた。さらに、静止画像ではあるが、モニターに映る作業車による作業の状況も把握でき、通行止め時における作業の進捗状況を目で確認することが出来ることや、交通管理者へ迅速・的確な情報提供ができ、通行止めの早期解放につながったものと思われる。

表-1 WEBカメラ増設に伴う影響度

項目	平成23年度	平成24年度	比較
除雪回数	1200回	1065回	—
WEBカメラによる作業指示	262回 (21.8%)	343回 (32.2%)	+10.4%
雪氷巡回報告による作業指示	834回 (69.5%)	654回 (61.4%)	-8.1%
高速隊等要請による作業指示	104回 (8.7%)	68回 (6.4%)	-2.3%
雪氷巡回指示回数	11回	26回	+15回
冬期1回あたりの平均事故通行止め時間数	3.8hr	2.8hr	-1.0hr

## 7. 今後の課題

WEBカメラの設置によって、多くの情報が入るようになった。しかし、静止画像であることもあり、雪質、車両の動き、風の状況等含めすべてを把握することは出来ない。やはり、気象データや現地に赴いての確認は必要で、巡回や他気象機器との連携が重要となってくる。雪氷作業指示者は、多くの情報を整理し、的確に判断し迅速に指示するということが要求される。このため、地域・気象特性・情報機器に対応した技術力の向上が求められる。

また、より適当な設置位置、数の見直しを行い、前述のとおり、現在、雪氷巡回の補完という使い方を、CCTVと併せて雪氷作業の主たる情報源とし、雪氷巡回の方法（頻度、装備等）の見直しなど効率的な雪氷作業へ向け、全体的な検討が必要と思料される。

## 8. おわりに

雪氷作業指示は限りある施設・資材・人材を有効に活用し、安全な路面を提供するため、適時な指示をする必要がある。この際に、必要なのが、現地の気象と路面状況が最も重要な情報となる。WEBカメラ情報はこの重要情報であり、非常に有効であることが分かった。

今後については、雪氷時期の効果的な活用に取り組みつつ、確認された有効性を活かし夏期においても、大雨や事故対策として迅速な現況把握のために活用していきたい。