

# 凍結防止剤散布支援技術による散布作業の負担軽減および的確性向上について

徳永ロベルト\*1、佐藤賢治\*2、齊田光\*1、星卓見\*1、佐藤昌哉\*1

## 1. はじめに

道路管理の効率化とコスト削減は、重要な課題であり、道路管理者による冬期の凍結防止剤散布に関しては、路面の「凍結が発生しやすい区間を対象とし、路面状況に応じて散布を実施」<sup>1)</sup>している。そのため、現地での凍結防止剤散布オペレーター（以下、オペ）による路面状況の的確な判断が非常に重要である。このような中、近年は新たなオペを確保・育成することが困難<sup>2)</sup>になっており、現在作業に従事している熟練オペに頼らざるを得ない状況にある。しかし、この熟練オペの高齢化も進んでおり、今後更に人材難やコスト削減が進めば、経験の浅いまたは経験のないオペが作業を行うに留まらず、運転手がオペを兼ねる作業形態（一人乗車体制による運転＋散布）が想定され、作業の確実性と安全性の低下が懸念される。

寒地土木研究所では、オペの作業経験や熟練度に左右されず、かつ一人乗車体制でも安全で確実な凍結防止剤散布作業を可能とする支援技術の確立を目指している。そのため、著者らは試験道路における被験者実験において凍結防止剤散布支援技術が散布作業にもたらす効果について調べている。2018年冬期の実験では、散布支援の有無・種別に①支援なし、②情報のみ、③情報＋音声操作機能（以下、音操）および④情報＋音操＋自動散布機能（以下、自散）による4つの試験条件を設定し、これらの条件下における運転中の被験者の散布作業状況の変化の有無・度合いを把握した。本報では、上記実験の概要、主な結果および今後の展望について述べる。

## 2. 研究手法

### 2.1 凍結防止剤散布作業状況の評価方法

人間が行う作業において、身体的活動が主となる活動であってもその活動は全て精神的負荷（メンタルワークロード：以下、MW）であるとされている。このMWの概念・用語は、ISO（国際標準化機構）<sup>3)</sup>において定義されている。

産業・医療・航空・鉄道・自動車分野等では、過剰な負荷がかかるような課題内容や長時間に及ぶ単純・単調な課題はヒューマンエラーにつながり、作業効率の低下や事故の要因になるとして、作業中における人間の負担

に関する様々な研究<sup>4)</sup>が既に行われている。この負担の把握・評価には、上記のMWが用いられている。

特定の課題を遂行する人間のMWは、主観的および客観的に評価可能であるが、それぞれには長所と短所があるため、両者を同時に用いて調べるのが望ましい。そのため、本研究では凍結防止剤散布作業における被験者のMWを主観的および客観的に評価している。主観的MWの評価には、Hartら<sup>5)</sup>・<sup>6)</sup>が開発したNASA-Task Load Index（以下、NASA-TLX）形式のアンケート票を用いている。また、客観的MWの評価には、被験者が前方の要散布区間を認知した地点（認知距離）、路面状態に応じた散布量の設定状況（判断的中率）、散布作業時の注視点等を用いている。

### 2.2 実験概要

被験者実験は、2018年1月29日～2月1日の夜間（計4日間）において、当研究所が所有する苫小牧寒地試験道路で行った。当該試験道路は、延長2,700mの長円形周回路で、アスファルト舗装された直線部2区間（片側2車線区間1,200mおよび片側1車線1,200m）および半径50mの曲線部2区間によって構成されており、各車線の幅員は3.5mで直線部は2%の横断勾配を有する。なお、実験コースとなった周回路において街路灯等の照明施設は整備されていない。

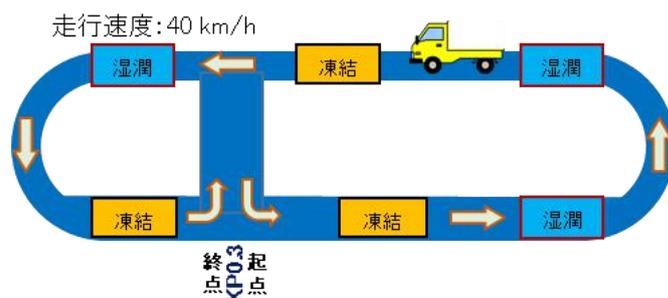


図1 実験コースと凍結・湿潤路面区間の配置例

本実験では、試験道路周回路全区間を使用し、試験車両は実験コースのKP0.3付近を起終点に反時計周りで周回路を約40km/hで走行した（図1）。また、実験コースの路面状態は乾燥路面を主とし、コース内一部には100mの湿潤路面および凍結路面を各3区間（計6区間）人工的に作製した。被験者には、この内の4区間において散布作業を

\*1 国立研究開発法人土木研究所寒地土木研究所 寒地道路研究グループ 寒地交通チーム

\*2 国土交通省北海道開発局 札幌開発建設部 夕張川ダム総合管理事務所 川端ダム管理支所



写真1 被験者実験に使用した試験車両

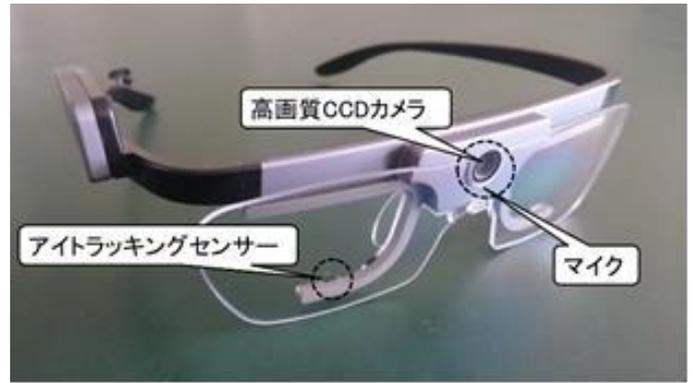


写真3 アイトラッキング装置



写真2 試験車両内に設置した各種機器

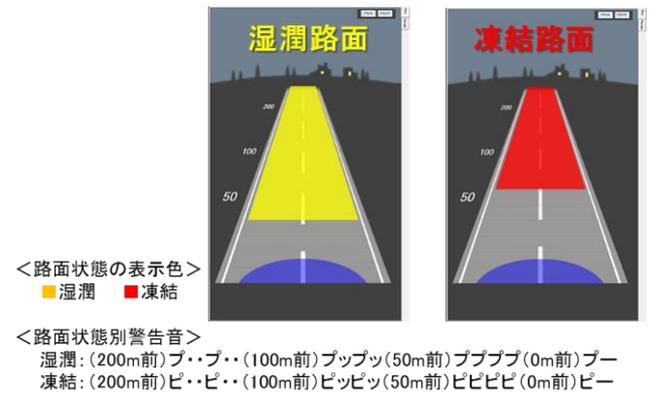


図2 情報端末による路面状態の情報提供例

行うよう予め指示した。なお、散布作業を行うべき湿潤・凍結路面区間の指示は散布支援の有無・種別毎に無作為に変更した。

実験に参加した被験者は、建設作業員8名とし、全員が男性かつ自動車運転免許保有者、年齢は40～60代（平均年齢53.0歳）であった。

実験には、写真1に示す2トントラック（AT車・平ボディ）を模擬散布車両として用い、当該車両を被験者が運転し、助手席には実験担当者が同乗した。

被験者の行動を計測するため、凍結防止剤散布制御装置を模した操作パネルを車内ダッシュボード前（運転席左前方）に設置し、電源ボタン、散布量設定ボタンおよび散布開始・終了ボタンを画面上に表示してこれらを運転中に画面タッチで操作できるようにした（写真2）。なお、凍結防止剤散布制御装置の操作は、GNSSを搭載する記録装置に10Hzで記録収集した。また、フロントガラスには前方車両のブレーキランプを模した赤色ランプを設置し、当該ランプ点灯から被験者が自車のブレーキ操作を行うまでの反応時間を計測した。更に、実験コース走行時における被験者の注視点は、写真3に示すアイトラッキング装置を用いて高画質ビデオ画像（1,920×1,080ピクセル）と注視点座標を30Hzで計測記録した。

本実験では、散布作業支援のためのツールとして情報

端末（7インチタブレット）を運転席右前方に設置し、凍結防止剤の散布を要する湿潤・凍結路面区間の起点の約200m手前から音声と画像で情報提供を開始するアプリケーションをインストールした（図2）。このアプリケーションには、散布を要する湿潤・凍結路面区間の位置が予め組み込まれており、走行中の試験車両が散布を要する湿潤・凍結路面区間に接近するとその存在を情報端末で被験者に伝えた。

当該実験では、上記情報を提供するアプリケーションの他に、音操および自散を可能にする機能を凍結防止剤散布制御装置に加えた。

音操は、実験コース内の要散布区間において被験者が操作パネルのボタンを手で操作することなく凍結防止剤散布装置の制御が可能な音声認識・制御プログラムである。被験者は、「電源ON」、「30グラム」、「開始」、「終了」等の単純な音声命令を運転中に発声し、凍結防止剤散布制御装置を操作した。

自散は、実験コース内の凍結防止剤散布を要する湿潤・凍結路面区間において運転中の被験者が操作することなく、自動的に電源、散布量設定、散布開始・終了が可能な自動散布制御プログラムである。被験者が試験車両を運転し、散布対象区間を通過するだけで凍結防止剤散布制御装置が自動的に作動した。

被験者には、実験コース内走行時に前方の路面状態を常に観察しながら運転し、前方に凍結防止剤の散布を要する凍結または湿潤路面を認知次第、速やかに凍結防止剤散布制御装置の電源を入れ、散布量を設定するよう指示した。この時の凍結防止剤散布量設定は、湿潤路面区間で20g/m<sup>2</sup>および凍結路面区間で30g/m<sup>2</sup>とした。なお、路面状態の判断が的中か否かの判定は、路面状態に応じて正しい散布量でセットされていれば的中とした。次いで、湿潤・凍結路面区間の起終点で散布開始・終了を操作するものとした。以上の課題遂行において、情報のみ、情報+音操および情報+音操+自散の何れかによる散布判断・操作支援があった場合、被験者はこれらを活用して運転中の散布作業を行った。

### 2.3 実験手順

被験者は、被験者待合室にて実験担当者から配布された質問用紙に氏名等を記入した後、本実験の目的、実験概要、個人情報保護に関する事項および安全確保に関する留意点について説明を受け、実験協力承諾書用紙に同意の署名をした。その後、実験コース、試験車両、車内の各種装置等に関する説明を受け、完全に理解するまで各事項を繰り返し確認した。また、主観的MW評価用のNASA-TLXについても説明を受け、アンケート票の記入要領等について習得した。その後、注視点計測のためにアイトラッキング装置を被験者に装着し、調整および動作確認を行った。

被験者は、実験コース起終点に停車した試験車両の運転席に乗り、車載情報端末、散布制御装置の位置確認や操作方法について助手席に同乗した実験担当者と確認した（写真4）。



写真4 被験者による各機器の確認状況

上記確認を終えた後、実験担当者の説明や指示に従いながら40km/hで実験コースを周回し、湿潤・凍結路面6区間中、スタート前に指示された4区間において散布作業を実施する練習走行を行った。また、実験担当者は実験コース走行中に模擬ブレーキランプを無作為に2回点灯（約3秒/回）させ、被験者はこれを認知次第、速やかに試験

車両のブレーキを作動させて30km/hまで減速し、上記ランプが消灯後、40 km/hに戻した。

被験者は、試験条件毎の練習走行後に本走行（1周）を行い、運転を兼ねた散布作業を実験コース内の4区間において行った。また、NASA-TLXによる主観的MWの評価は一試験条件終了毎に行った。以上の手順に従った全実験は、被験者一人当たり約120分を要した。

## 3. 実験結果

### 3.1 主観的MW

表1に、散布支援の有無・種別による被験者の主観的MWの標本数、平均値、標準偏差等を示し、図3は散布作業支援の有無・種別による被験者の主観的MWを箱ひげ図で示している。なお、当該図の箱の下端は全データの25パーセンタイル、上端は75パーセンタイルおよび箱の中の線は50パーセンタイル（中央値）を示す。また、箱から延びるひげの端は箱の長さの1.5倍以内にある最小値・最大値までの距離を示す。最小値以下・最大値以上の値は、はずれ値を「○」で表し、異常値は「\*」で示す。

表1 散布支援の有無・種別による主観的MW

支援有無・種別	主観的MW			
	標本数	平均値 (点)	中央値 (点)	標準偏差 (点)
支援なし	8	5.2	5.3	1.6
情報のみ	8	3.5	3.4	0.9
情報+音操	8	2.2	2.3	0.9
情報+音操+自散	8	1.2	1.0	0.8

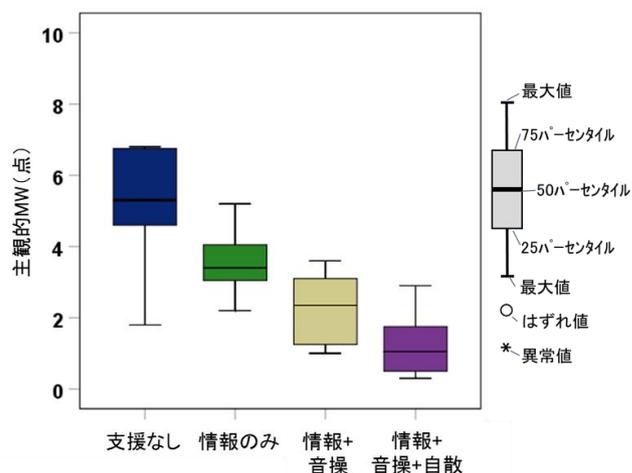


図3 散布支援の有無・種別による主観的MW

支援なしにおける被験者の平均主観的MWは、5.2点となり、4つの条件の中で評価点（精神的負荷）が最も高かった。また、散布支援が情報のみの時の平均主観的MWは3.5点となり、情報提供によって被験者の主観的MWが軽減することを確認した。更に、散布支援が情報+音操

になると、被験者の平均主観的MWは2.2点となり、主観的MWが情報のみの時より更に低下した。最後に、散布支援が情報+音操+自散では、被験者の主観的MWは1.2点となり、散布作業支援の有無・種別の中で最も低下した。理由として、被験者は運転中に散布作業を行う必要が一切なく、車両の運転のみに専念できたためと考えられる。

### 3.2 客観的MW

表2は、散布支援の有無・種別による被験者の認知距離の標本数、平均値、標準偏差等を示し、図4は散布支援の有無・種別による被験者の認知距離を箱ひげ図で示している。なお、本項での認知距離とは、湿潤・凍結路面区間の起点に対し、散布区間を認知して散布制御装置の電源を入れた地点までの距離を示すものである。

表2 散布支援の有無・種別による認知距離

支援有無・種別	認知距離			
	標本数	平均値 (m)	中央値 (m)	標準偏差 (m)
支援なし	32	-87	-79	51
情報のみ	32	-123	-120	46
情報+音操	32	-110	-104	35
情報+音操+自散	32	0	0	0

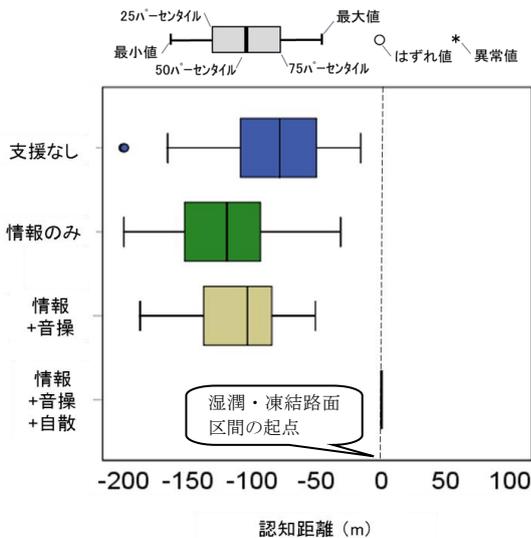


図4 散布支援の有無・種別による認知距離

支援なしにおける被験者の平均認知距離は、-87mであった。他方、散布支援が情報のみの時の平均認知距離は-123mとなり、支援なしの時より平均認知距離が大きく伸びた。また、散布支援が情報+音操の時の平均認知距離は-110mとなった。なお、情報+音操+自散の場合は、湿潤・凍結路面区間の起点において電源ON・散布量設定・散布ONが自動的にかつ同時に作動したため、平均認知距離を0mとした。これらの結果から、散布支援が情報のみおよび情報+音操の場合、被験者は支援なしに比べてより手前で散布すべき区間を認知できるようになり、散布判

断のための時間的余裕ができたと考えられる。また、散布支援が情報+音操+自散の場合、被験者は運転中に散布を要する区間を認知する必要がなく、車両の運転のみに専念できたと考えられる。

表3および図5は、散布支援の有無・種別による被験者の路面状態の判断（散布量設定）の的中率を示している。

表3 散布支援の有無・種別による判断の的中率

支援有無・種別	路面状態の判断			
	標本数	的中 (件)	はずれ (件)	的中率 (%)
支援なし	32	13	19	41%
情報のみ	32	28	4	88%
情報+音操	32	31	1	97%
情報+音操+自散	32	32	0	100%

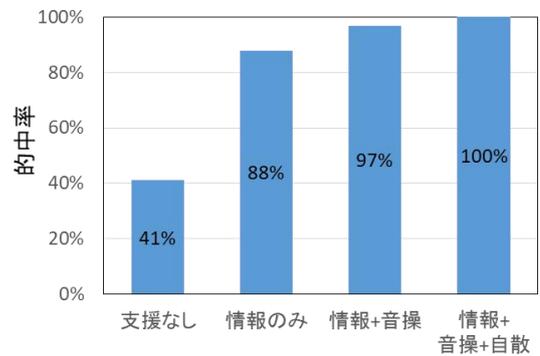


図5 散布支援の有無・種別による判断の的中率

支援なしの的中率は41%と最も低い結果を示した。また、情報のみの的中率は88%であった。更に、情報+音操の的中率は97%であった。なお、被験者の判断が含まれない情報+音操+自散の的中率は100%とした。これらの結果は、情報のみおよび情報+音操による散布支援が被験者の路面状態の判断の的中率向上に貢献することを示した。また、散布支援が情報+音操+自散の場合、運転中の路面状態の判断（散布量の設定）が不要となり、被験者はここでも運転のみに専念できたと考えられる。

表4は、散布作業支援の有無・種別による被験者の反応時間の標本数、平均値、標準偏差を示し、図6は散布作業支援の有無・種別による被験者の反応時間を箱ひげ図で示している。なお、本項の反応時間とは、試験車両のフロントガラスに設置した模擬ブレーキランプ点灯から被験者が自車のブレーキ操作を行うまでの経過時間である。支援なしにおける被験者の平均反応時間は1.6秒であった。また、当該条件では模擬ブレーキランプ点灯の見落としが1件確認された。他方、散布作業支援が情報のみの時の平均反応時間は1.4秒となり、支援なしの時より平均反応時間が短くなった。また、散布作業支援が音声+音操の時の平均反応時間は1.2秒と更に短縮した。なお、散布作業に被験者の介入を要しない情報+音操+自散の場合は、

表4 散布支援の有無・種別による反応時間

支援有無・種別	反応時間			
	標本数	平均値(秒)	中央値(秒)	標準偏差(秒)
支援なし	15	1.6	1.3	0.6
情報のみ	16	1.4	1.3	0.7
情報+音操	16	1.2	1.2	0.3
情報+音操+自散	16	1.2	1.2	0.4

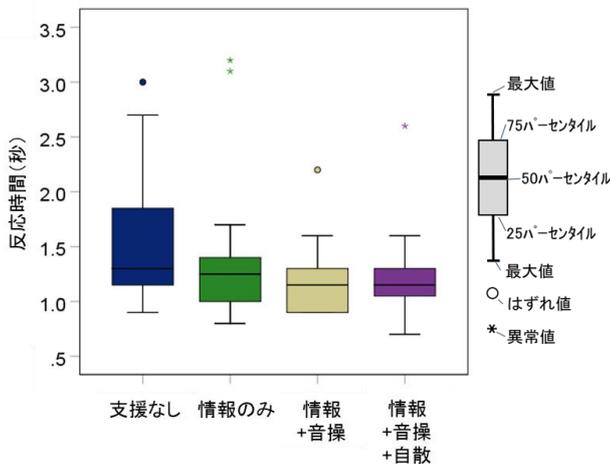


図6 散布支援の有無・種別による反応時間

平均反応時間が1.2秒と情報+音操の時と同じ結果を示した。これらの結果から、散布支援は被験者の反応時間短縮やエラー（見落とし）の軽減に寄与していると考えられる。

表5および図7は、認知区間における散布支援の有無・種別による被験者8名の注視率を示している。なお、本項の認知区間とは、湿潤・凍結路面区間の起点約200m手前から散布制御装置の主電源ボタンを操作するまでの区間を示すものである。

当該実験では、被験者が試験車両の運転席から見た前景を「道路・背景」、「散布制御装置」、「情報端末」、「車内」および「速度メーター」の5つの注視エリアに分け、散布支援の有無種別に各エリアを注視した割合を抽出した。

支援なしでは、5エリアの中で道路・背景の注視率が最も高く、83.5%を示した。他方、散布制御装置・情報端末の注視率はそれぞれ7.0%および0.0%であった。なお、車内・速度メーターの注視率についてはそれぞれが0.9%および8.6%となり、その他の条件（情報のみ、情報+音操および情報+音操+自散）においてもこれらの値がほとんど変動することはなかった。

情報のみでは、支援なしと同じく5エリアの中で道路・背景の注視率が最も高く77.9%を示したが、支援なしより減少し、4条件の中で最も減少した。一方、散布制御装置・情報端末の注視率はそれぞれが9.0%および3.6%となり、当該2エリア合計の注視率が増えた。

表5 散布支援の有無・種別による注視率（認知区間）

散布作業支援有無・種別	認知区間における注視率									
	道路・背景		散布制御装置		情報端末		車内		速度メーター	
	平均値(%)	標準偏差(%)	平均値(%)	標準偏差(%)	平均値(%)	標準偏差(%)	平均値(%)	標準偏差(%)	平均値(%)	標準偏差(%)
支援なし	83.5	5.4	7.0	3.2	0.0	0.0	0.9	1.8	8.6	3.6
情報のみ	77.9	8.4	9.0	5.4	3.6	2.9	1.0	1.2	8.5	4.4
情報+音操	82.3	9.2	4.3	4.8	4.1	2.4	0.9	1.6	8.4	6.7
情報+音操+自散	84.9	6.2	3.1	4.6	2.8	2.7	0.8	2.2	8.3	4.1



図7 散布支援の有無・種別による注視率（認知区間）

情報+音操では、5エリアの中で道路・背景の注視率が最も高く、82.3%と情報のみより増加し、支援なしの注視率に近づいた。他方、散布制御装置・情報端末の注視率は、それぞれが4.3%および4.1%となり、当該2エリアで情報のみのそれより減少した。

情報+音操+自散では、他の条件と同じく5エリアの中で道路・背景の注視率が84.9%と最も高く、4条件の中においても最も高い注視率を示した。他方、散布制御装置・情報端末の注視率は、それぞれが3.1%および2.8%となり、当該2エリア合計の注視率が4条件の中で最も低かった。

以上の結果から、認知区間では散布支援の有無・種別に関係なく道路・背景を注視する割合が5つのエリアの中で最も高いことが分かった。しかしながら、情報のみは散布制御装置・情報端末の注視率を支援なしの時より増加させた。これは、注視を要する情報等によって被験者の注視点が道路・背景から情報端末等に移動・滞留する頻度が増えたためと考えられる。他方、情報+音操は、散布制御装置・情報端末の注視率を支援なしより増加させたが、情報のみほどではなかった。これは、運転中の被験者が散布制御装置を手で操作することなく音声を発して散布作業が可能になったため、情報端末や散布制御装置の注視率増加抑制に寄与したと考えられる。また、情報+音操+自散は、散布制御装置・情報端末の注視率を情報+音操より更に減少させ、道路・背景の注視率が4条件の中で最も高い値となった。これは、自散が加えられたことで散布を要する湿潤・凍結路面区間において運転中の被験者が情報の確認や散布制御装置を操作するこ

となく、自動的に電源ON、散布量設定、散布開始・終了が可能になり、被験者が散布車両運転に専念することができたためと考えられる。

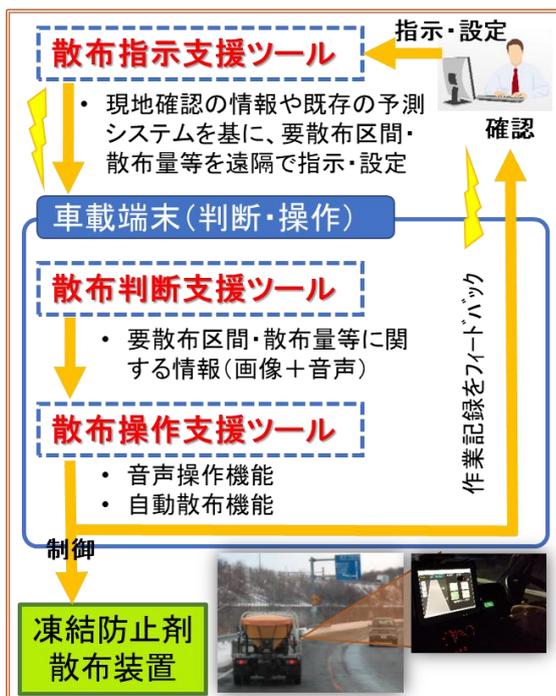
#### 4. まとめと今後の課題

本研究では、情報提供（音声＋画像）に加えて音声操作機能および自動散布機能を設計・構築し、苫小牧寒地試験道路において被験者実験を行い、散布支援の有無・種別（①支援なし、②情報のみ、③情報＋音操および④情報＋音操＋自散）が被験者の散布作業状況等にもたらす効果とその度合いについて調べた。その結果、散布支援技術を使用することにより被験者の主観的MWが減少するとともに、路面状態の判断や散布操作も速やかかつ的確になることが分かり、散布支援がもたらす効果を確認することができた。ただし、本実験の結果は限られた被験者数および外部要因等が制限された条件下（試験道路）で得られたものであるため、より実践的な条件等を踏まえた実験によるデータを蓄積し、更なる検証を進める必要がある。

今後は、実際の凍結防止剤散布装置に散布支援技術を搭載するためのアプリケーションプログラムや接続インターフェースの設計・構築に取り組むとともに、試験道路および実道においてこれらの支援技術を用いたより実践的な被験者実験と取得データの分析を更に行い、支援技術がオペのMWにもたらす効果を考慮した安全で確実な凍結防止剤散布作業が可能な支援技術（図8）の確立に取り組む所存である。

#### 参考文献

- 1) 国土交通省北海道開発局：平成30年度・頻発する暴風雪を踏まえた今冬の取組みについて、  
[https://www.hkd.mlit.go.jp/ky/kn/dou\\_iji/ud49g7000000a5ye-att/ud49g7000000a607.pdf](https://www.hkd.mlit.go.jp/ky/kn/dou_iji/ud49g7000000a5ye-att/ud49g7000000a607.pdf)、2018年。
- 2) 国土交通省：冬期道路交通の確保のあり方に関する検討委員会提言、持続的な冬期道路交通確保をめざして～連携と協働～、pp. 25-26、2013。
- 3) 青木和夫：ISO/TC159におけるメンタルワークロードの概念と定義および設計の指針、人間工学、Vol. 29、No. 6（'93）、pp. 339-342、1993。
- 4) 三宅、神代：メンタルワークロードの主観的評価法、人間工学、Vol.29、No.6、1993。
- 5) Hart Sandra G. and Staveland Lowell E.: Development of NASA-TLX: Results of Empirical and Theoretical Research, Human Mental Workload, Elsevier Science Publishers B.V., pp. 139-183, North-Holland, 1988。
- 6) 芳賀繁：NASAタスクロードインデックス日本語版の作成と試行、鉄道総研報告、特集：人間科学、Vol.18、No.1、pp. 15-20、1994。



凍結防止剤散布支援技術の概念図

# 北海道における冬期路面管理の適正化

## ～凍結防止剤散布効果検討～

松本 俊春\*1、角丸 大輔\*2、井上 昌幸\*3、鹿 美麗\*4

### 1. はじめに

#### 1-1. 調査の背景

北海道のような積雪寒冷地は、冬期間において降雪や低温などの影響により、非常にすべりやすい雪氷路面が発生し、交通渋滞や車のスリップ事故などの要因になっている。冬期間においても安全かつ円滑な道路交通機能を確保するために、適切な路面管理の実施が要求されている。



図. 1 冬期に発生する凍結路面（ツルツル路面）

冬期道路の管理には、毎年多大な費用が必要である。路面凍結防止のため、凍結防止剤散布作業が重要視されており、散布量および散布費用が年々増加している。しかし、昨今の予算制約によってより効果的・効率的な冬期路面管理が求められている。

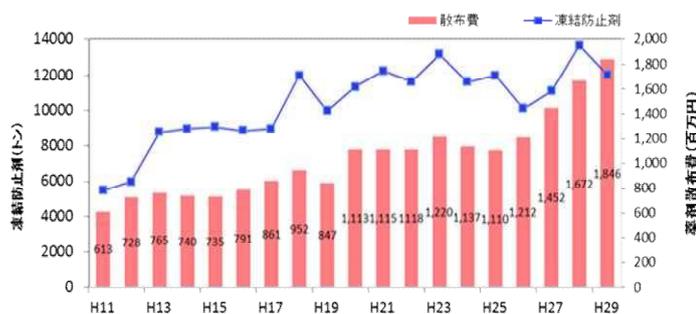


図. 2 凍結防止剤散布量の推移（北海道除雪積算調査書H29）

#### 1-2. 調査の目的

北海道が使用している凍結防止剤は、塩化混合物（塩化ナトリウムと塩化カルシウム、または塩化マグネシウムの混合）が8割以上を占めている。今後、一層のコスト縮減を図るために、安価な散布材料の採用および散布量・散布

方法について検討する必要がある。

### 2. 調査概要

本調査は、降雪量が割合少ない地域において、異なる薬剤、異なる散布量の散布作業を一定期間において試験し、薬剤の種類の相違、散布量の相違による路面状態、路面すべり摩擦係数の変化について調査した。

#### 2-1. 調査項目

凍結防止剤散布は、主に凍結防止剤散布による凝固点降下（路面水分の凍結温度低下）機能を利用し、路面上にある水分の凍結を防止する目的、または、凍結防止剤散布による融解作用を期待し、路面上の雪氷を融かす目的で実施される。

本調査は、下記の項目について検討を行った。

##### ① 薬剤の種類の検討

初冬期において、塩化ナトリウム（以下塩ナト）と塩化混合物（以下混合物）を同じ量で散布し、薬剤の種類による路面状態の変化について検討する。

##### ② 薬剤の散布量の検討（除雪直後）

除雪直後、残雪による路面凍結を防止するために、薬剤を散布することがよくある。散布量を3パターンに変えて、散布量の相違による路面状態の変化について検討する。なお、薬剤は混合物とする。

##### ③ 薬剤の散布量の検討（凍結防止）

凍結路面が頻繁に発生する厳冬期に、散布量を2パターンに変えて、散布量による路面状態の変化について検討する。なお、薬剤は混合物とする。

#### 2-2. 調査方法

路面すべり摩擦係数の調査は、アメリカ製のブレーキメーターVC4000を用いる。測定計を車両のフロントガラスにセットし、一定の速度で走行する車両に急制動を掛け、車輪をロックして路面がすべっているときの負の加速度（減速度）を測定する。すべり易い路面では、急制動直後の減速度は小さくなり、すべりにくい路面では大きくなる傾向がある。路面すべり摩擦係数は、測定された減速度を重力加速度で割った値が路面すべり摩擦係数と等しいという関係から求める。

#### 2-3. 対象路線

対象路線は、交通安全を優先的に考慮し、市街地の交

\*1\*2 北海道建設部 建設政策局 維持管理防災課 維持グループ

\*3\*4 (株)シーイーサービス 企画開発部



図. 3 路面摩擦係数測定方法と測定計

差点部、郊外部の曲線部、および路面状態により重大事故発生の恐れが大きい区間を避けるものとし、千歳出張所管内の郊外部2車線道路「恵庭栗山線」、「馬追原野北信濃線」の一部直線区間を調査対象として選定する(図. 4)。

恵庭栗山線では、5キロの直線区間の12箇所の交差点が調査対象となる。路面すべり摩擦係数の測定は往復両方向において実施するため、測定箇所数が24箇所となる。

馬追原野北信濃線では、2キロの直線区間の4箇の交差点が調査対象となり、測定は往復両方向において実施するため、測定箇所数が8箇所となる。

VC4000を搭載している測定車は、一定の速度(30km/h)で走行し、対象交差点手前(停止線手前)で急制動を掛け、路面すべり摩擦係数値をVC4000に記録する。

調査の流れは、図. 5に示す。

凍結防止剤散布の効果を検討するために、

① 事前測定

凍結防止剤散布作業・除雪作業の直前に路面すべり摩擦係数を測定する。

② 凍結防止剤散布・除雪作業実施

除雪業者が従来通り散布作業・除雪作業を実施する。

③ 事後測定

散布作業・除雪作業を実施した1時間後、3時間後に路面すべり摩擦係数を再度測定する。

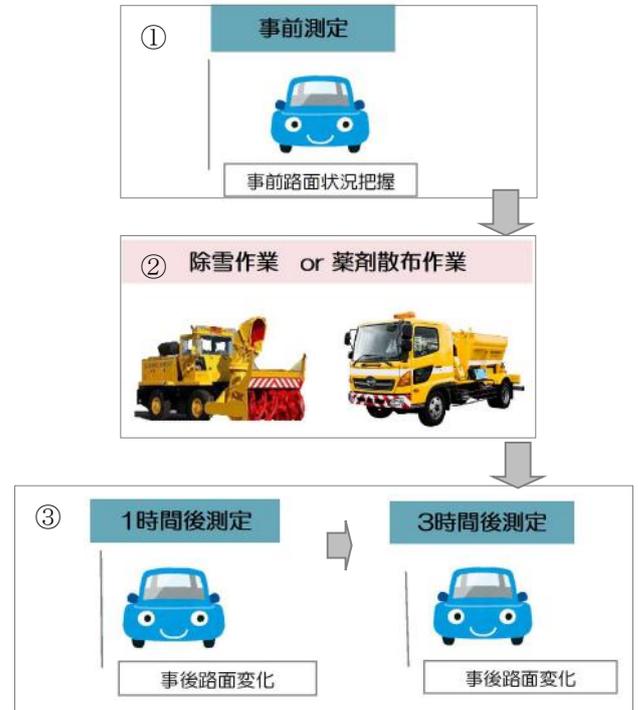


図. 5 調査の流れ

上記の①と③の調査結果を用いて、凍結防止剤散布前後の路面すべり摩擦係数の変化について検討する。



図. 4 道道恵庭栗山線、道道馬追原野北信濃線

## 2-4. 路面状態と路面すべり摩擦係数

冬期道路の路面状態は、概ね5つに分類される。乾燥、湿潤、シャーベット、圧雪、凍結路面である。路面上の積雪の状態によってさらに細分化することもある。路面状態と路面すべり摩擦係数の関係を表. 1に示す。

路面すべり摩擦係数が0.2以下では、路面が非常にすべりやすく（ツルツル路面や氷板）、摩擦係数が0.45以上では、概ね良好な路面状態である。

表. 1 路面分類と路面すべり摩擦係数（寒地土木研究所）

路面分類	すべり摩擦係数	すべり摩擦係数					
		0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6
1 非常に滑りやすい氷板 非常に滑りやすい氷板 非常に滑りやすい圧雪	~ 0.15	■					
	~ 0.20	■	■				
2 氷板 こな雪下層氷板	0.15 ~ 0.20		■				
	0.15 ~ 0.30		■	■			
3 つぶ雪下層氷板 圧雪	0.20 ~ 0.30			■			
4 こな雪 つぶ雪 シャーベット	0.25 ~ 0.35				■		
5 湿潤 乾燥	0.45 ~					■	■

※測定条件 使用タイヤ :冬期路面調査用標準タイヤ ※すべり摩擦係数は各目視路面分類  
 タイヤサイズ :165/80 R13 毎の実測値のうち、概ね50%累積  
 タイヤ空気圧 :1.9kgf/cm<sup>2</sup> 値までの範囲を示している。  
 設定荷重 :400kgf

## 3. 調査結果

調査は、2018年12月10日から、2019年1月29日までの間、計8回の調査を実施した（表. 2）。調査期間のアメダスデータ（恵庭地点）は、図. 6に示す。

### 3-1. 薬剤の種類別の調査結果

薬剤の種類による散布効果の検討は、初冬期において実施した。薬剤は「塩ナト」と「混合物」の2種類とし、散布量はいずれも15g/m<sup>2</sup>である。

表. 2 路面摩擦係数調査日

	調査期間	調査時間	散布薬剤
①	12月10日～12月12日 (初冬期)	事前散布【早朝】	塩ナト (15g/m <sup>2</sup> )
			混合物 (15g/m <sup>2</sup> )
		事後散布【夕方】	塩ナト (15g/m <sup>2</sup> )
			混合物 (15g/m <sup>2</sup> )
②	1月11日～1月12日 (除雪直後)	除雪直後 散布	混合物 (10g/m <sup>2</sup> )
			混合物 (15g/m <sup>2</sup> )
			混合物 (20g/m <sup>2</sup> )
			混合物 (20g/m <sup>2</sup> )
③	1月28日～1月29日 (厳冬期)	事前散布【早朝】	混合物 (15g/m <sup>2</sup> )
			混合物 (20g/m <sup>2</sup> )
		事後散布【夕方】	混合物 (15g/m <sup>2</sup> )
			混合物 (20g/m <sup>2</sup> )

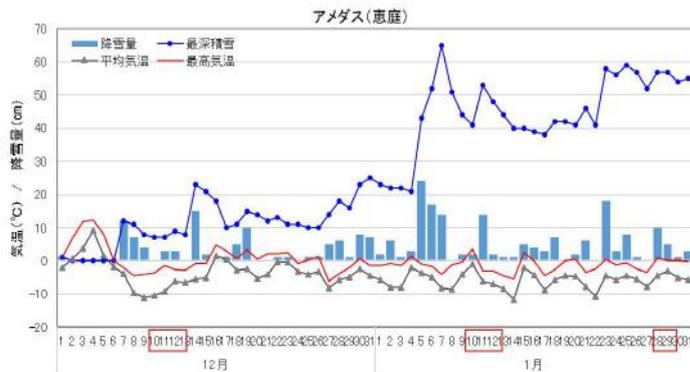


図. 6 調査期間のアメダス（恵庭地点）

恵庭栗山線の早朝と夕方の散布結果を図. 7に示す。横軸は時間、薬剤散布「前」、散布「1時間後」、「3時間後」、縦軸は、24箇所の路面すべり摩擦係数の平均値、最大最小値、および標準偏差値である。上のグラフは早朝、下のグラフは夕方散布の結果である。

薬剤散布の時間（早朝・夕方）に関係なく、散布前より、散布1時間後の路面すべり摩擦係数の平均値が僅かながら下降したが、3時間後に上昇に転じた。この傾向は、「塩ナト」と「混合物」に関係なく概ね同じである。標準偏差値も大きな差が見られなかった。

図. 8は、個々の箇所の、散布前と散布1時間後、散布3時間後の路面すべり摩擦係数の変化を示したものである。横軸は、散布前の摩擦係数である。縦軸は、散布前と1時間後の摩擦係数の差、散布前と3時間後の差であ

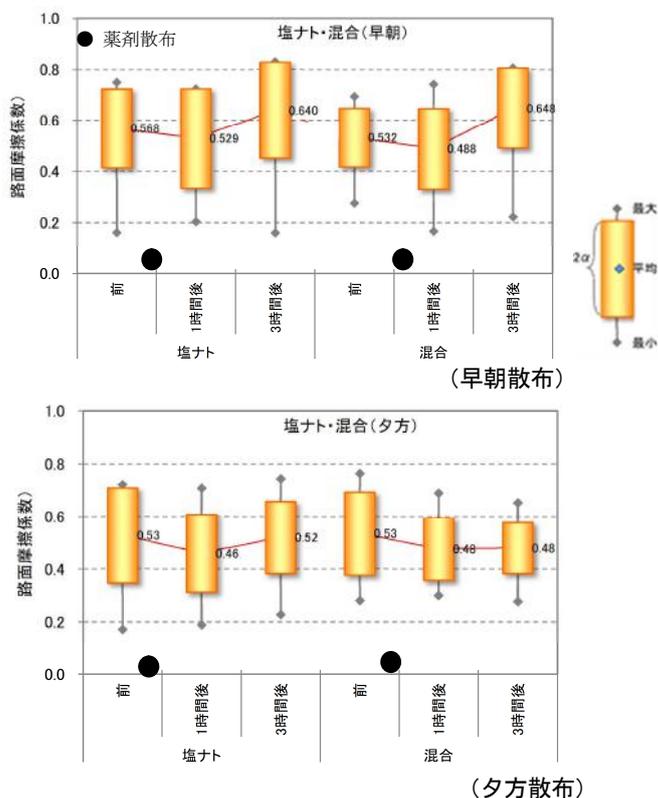
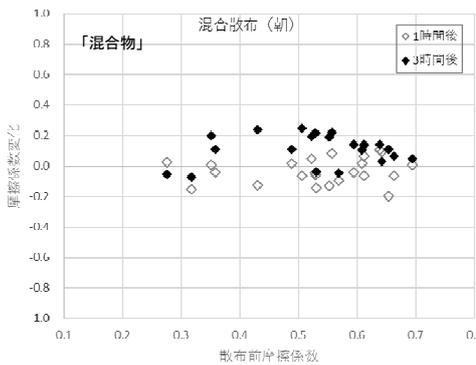
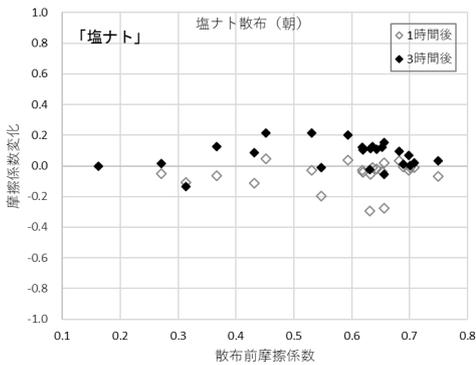


図. 7 散布前後の路面摩擦係数の平均値・標準偏差値

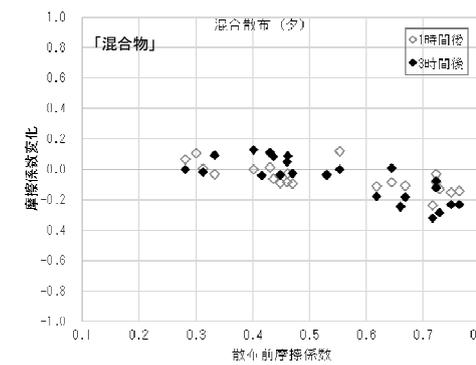
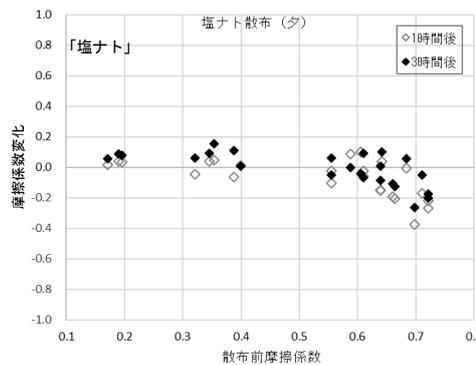
る。この差がプラスなら、散布後路面すべり摩擦係数が上昇し、マイナスなら下降することを意味する。

上の2つのグラフは、早朝散布の結果であり、下の2つのグラフは夕方散布の結果である。

早朝散布では、「塩ナト」と「混合物」のいずれも散布1時間後、路面すべり摩擦係数にあまり変化がないが、散布前に摩擦係数が0.5以上の箇所においては、僅かながら低下した。3時間後、ほとんどの箇所の路面すべり摩擦係が上昇し、路面改善が見られた。



(早朝散布)



(夕方散布)

図. 8 散布前後の摩擦係数の変化 (薬剤種類の検討)

夕方散布では、早朝散布の結果と概ね同じであるが、散布前に路面すべり摩擦係数が0.5以上の箇所においては、僅かな低下が見られた。

朝・夕の調査結果を比較すると、薬剤の種類の違いによる路面すべり摩擦係数の変化は概ね同じである。

### 3-2. 薬剤散布量の調査結果 (除雪直後散布)

除雪直後、路面上に残った雪による路面凍結を防止するために、凍結防止剤を散布する。本調査では、散布量を3パターンに変えて、散布量の相違による路面状態の変化について検討する。なお、薬剤種類は混合物とする。

調査は、1月12日午前。前日からの降雪量は計14cmである。除雪作業が朝6時30分に終了した。

恵庭栗山線の対象12箇所の交差点を3等分に分ける。グループ①に薬剤を10g/m<sup>2</sup>、グループ②に15g/m<sup>2</sup>、グループ③に20g/m<sup>2</sup>散布する。調査は往復両方向において実施するので、グループ毎に測定したデータは8つである。比較の結果を図. 9に示す。

横軸は時間、散布「前」、散布「1時間後」、「3時間後」、縦軸は、グループ毎の路面すべり摩擦係数の平均値、最大最小値、および標準偏差値を示す。

比較の結果、散布前、散布1時間後の路面すべり摩擦係数の平均値、および標準偏差値は概ね同じであったが、3時間後に大きく上昇した。この傾向は、散布量の相違に関係なく概ね同じである。

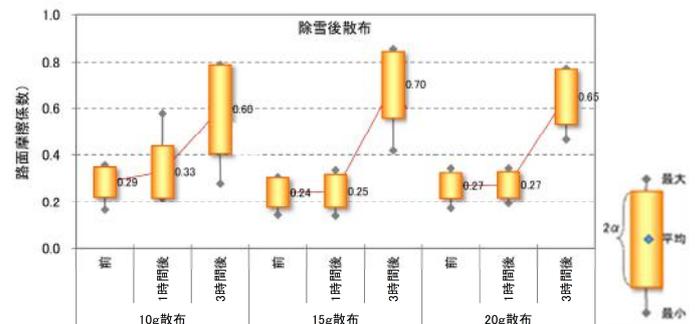


図. 9 散布前後の路面すべり摩擦係数の平均値・標準偏差値

図. 10は、個々の箇所の、散布前と散布1時間後、散布3時間後の路面すべり摩擦係数の変化を示したものである。

横軸は、散布前の路面すべり摩擦係数、縦軸は、散布前と散布後の路面すべり摩擦係数の差 (変化) である。上のグラフは、散布前と散布1時間後の差、下のグラフは、散布前と散布3時間後の差を示す。

散布1時間後、散布量に関係なくほぼすべての箇所において、路面すべり摩擦係数が僅かの変化を示し、散布3時間後に、大多数の箇所の摩擦係数が大きく上昇した。

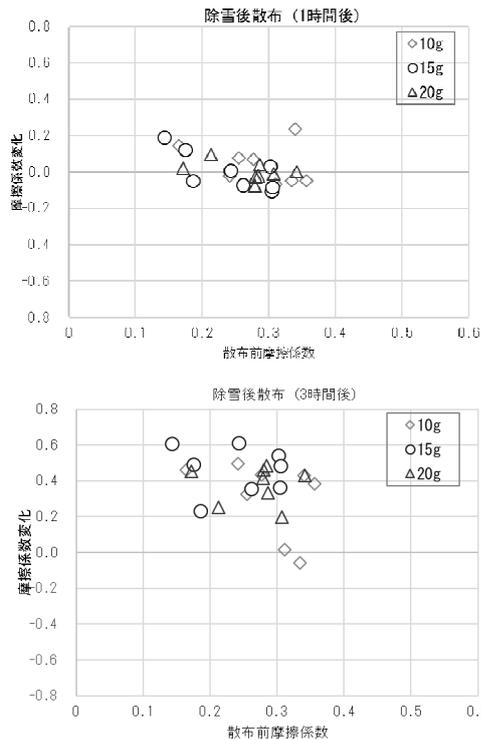


図. 10 散布前後の路面すべり摩擦係数の変化（散布量検討）

### 3-3. 薬剤の散布量の調査結果（凍結防止・解消）

厳冬期は、降雪と低気温によって凍結路面が頻繁に発生し、凍結路面防止や凍結路面を解消するために頻繁に薬剤を散布する。本調査では、散布量を2パターンとし、散布量の相違による路面状態の変化について検討する。なお、薬剤の種類は「混合物」とする。

・1回目調査：1回目調査は、1月12日午後を実施し、薬剤散布は13時30分に完了した。恵庭栗山線の対象12箇所の交差点を2等分に分ける。グループ①に薬剤を15g/m<sup>2</sup>、グループ②に20g/m<sup>2</sup>散布する。調査は往復両方向において実施するので、グループ毎に測定したデータは12個である。

図. 11の横軸は時間、散布「前」、散布「1時間後」、散布「3時間後」、縦軸は、グループ毎の路面すべり摩擦係数の平均値、最大最小値、および標準偏差値である。

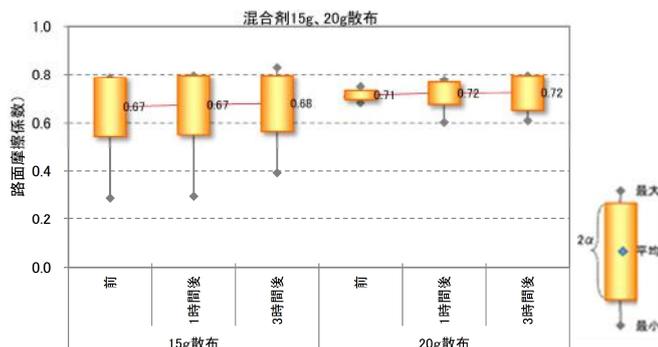


図. 11 散布前後の路面摩擦係数の平均値・標準偏差値

調査の結果、散布前、散布1時間後、3時間後の平均値、および標準偏差値の変化は、散布量に関係なく概ね同じである。

図. 12は、個々の箇所の、散布前と散布1時間後、散布3時間後の路面すべり摩擦係数の差を示したものである。上のグラフは、散布前と散布1時間後、下のグラフは、散布前と散布3時間後の差を示す。

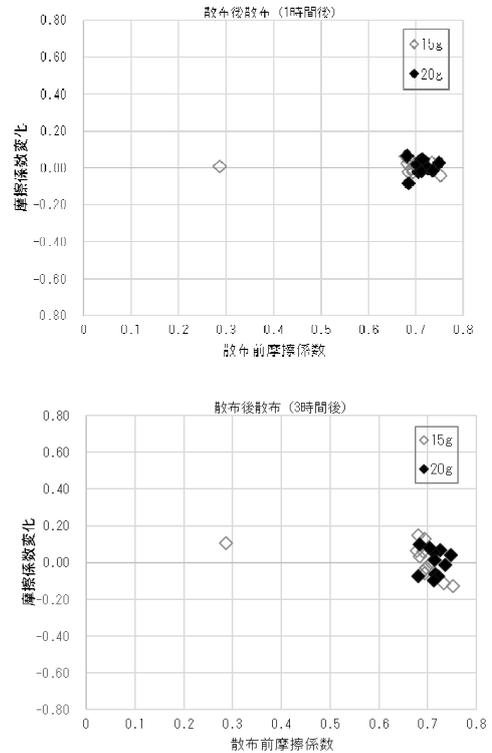


図. 12 散布前後の路面すべり摩擦係数の変化（散布量検討）

・2回目調査：2回目調査は、1月29日早朝に実施し、薬剤散布は6時30分に完了した。

図. 13にグループ毎の路面すべり摩擦係数の平均値、最大最小値、および標準偏差値を示す。

図. 14は、個々の箇所の、薬剤散布前後の路面すべり摩擦係数の変化を示す。

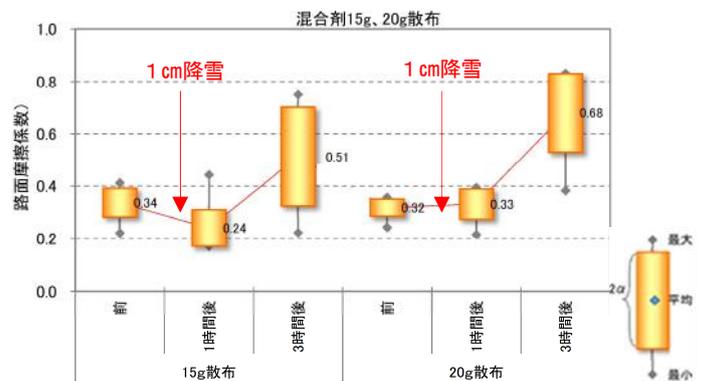


図. 13 散布前後の路面摩擦係数の平均値・標準偏差値

上のグラフは、散布前と散布1時間後の差、下のグラフは散布前と散布3時間後の差を示す。

散布1時間後、1cmの降雪があるため、いずれのグループも、路面すべり摩擦係数が若干低下した箇所が見られた。3時間後、大多数の箇所の路面すべり摩擦係数が上昇したが、15g/m<sup>2</sup>グループの2つの交差点（往復）においては、あまり変わらなかった。

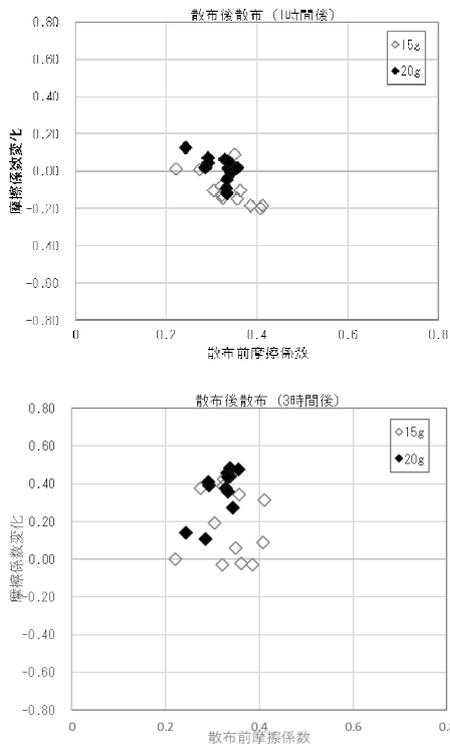


図. 14 散布前後の路面すべり摩擦係数の変化（散布量検討）

#### 4. 考察

##### 4-1. 薬剤の種類別の調査結果について

初冬期、凍結路面の発生を防止、解消するための散布においては、「塩ナト」15g/m<sup>2</sup>の散布は、「混合物」15g/m<sup>2</sup>と同等な効果が得られたため、より安価な「塩ナト」で対応の可能性を示唆した。

##### 4-2. 薬剤の散布量の調査結果について

###### ・除雪作業直後

冬期間、除雪作業直後に発生した「すべりやすい路面」を解消するために、「混合物」10g/m<sup>2</sup>散布は、15g/m<sup>2</sup>、20g/m<sup>2</sup>と同等な効果が得られることから、より少ない散布量で対応の可能性を示唆した。

###### ・凍結路面防止・解消

厳冬期、凍結路面防止・解消するために、「混合物」15g/m<sup>2</sup>の散布は、20g/m<sup>2</sup>散布と概ね同等な効果が得られたため、より少ない量で対応の可能性を示唆した。

一方、3-2、3-3における薬剤の散布量の調査結

果から、路面すべり摩擦係数の変化が、他の箇所と異なる動きの箇所も見られた。図. 10では、散布量が10g/m<sup>2</sup>に1箇所、図. 12では、散布量15g/m<sup>2</sup>に1箇所、図. 14では、散布量が15g/m<sup>2</sup>に1箇所である。これらは、すべて同じ箇所である。下図（図. 15）に示す調査区間の起点側交差点である。

この交差点は、周囲の樹林帯の影響を受けて冬期間ほとんど日陰となり、路面状態が他の箇所より著しく悪い。このような箇所に対して、他の箇所と区別して重点散布区間を指定し、散布量を増やすなど、より効果的な散布方法の検討が必要である。



図. 15 冬期間路面状態が著しく悪い箇所

#### 5. おわりに

以上は、道道恵庭栗山線の調査結果を示したが、道道馬追原野北信濃線の調査結果は、概ね同じ傾向であるため、ここでは省略する。

以上の調査結果は、凍結防止剤の種類や散布量について、いくつかの方法を示唆したものであるが、調査回数が少なく、路線も限定しているため、薬剤の散布量、散布方法などの効果検討には不十分と考えられる。

今後、同様な調査を他地域、他路線においても実施し、路面すべり摩擦係数と薬剤散布のデータの蓄積などを図り、除雪作業のコスト削減に向けて、薬剤の種類や散布量の調整、および散布タイミングなどの検討が必要と考えられる。

# 冬期道路管理支援に向けた吹きだまり予測システム（吹雪丸）の開発とその試行

村上学※1, 正岡久明※1, 星野洋※1, 萩原亨※2, 金田安弘※3, 越後謙二※3, 永田泰浩※3

## 1. はじめに

近年、北海道では、急速に発達する低気圧により大雪・暴風雪・吹雪・地吹雪等にもなう視程障害や吹きだまりが発生している。

平成25年3月、平成26年2月には、吹きだまりが発生し、多数の車両の立ち往生や、通行規制により社会生活に大きな影響を与えた。

このような道路交通障害が発生する背景として図1に示すような、局所的に発生する吹きだまりを的確に評価する技術がないことが一因としてあげられる。

現在、冬期道路管理では既存の気象情報や現地雪見パトロールにより除雪タイミングの判断、通行止めの判断を行っており、これらの判断支援として、吹きだまりや視程障害の予測情報は、冬期道路管理に活用できると考える。

本論文は、萩原ら<sup>1)</sup>が報告した24時間先までの吹きだまり予測情報により、吹きだまりに関する情報提供を試行的に行い除雪判断や吹雪時の通行規制判断を支援するシステムの活用について報告するものである。



2車線を塞ぐ  
大規模な吹きだまり発生状況



地形変化点における局所的な  
吹きだまり発生状況

図1 局所的に発生する吹きだまり

## 2. 技術開発の概要

本技術開発は、従来技術では困難であった道路上の吹きだまりの発生を時間的・空間的に推計する技術の開発を目標とし、平成26年度から実施している。

本技術は、平成26・27年度冬期の北海道中標津地域の実道データの調査分析に基づき、3つの要素技術から構成される情報提供システムである。技術開発の全体像を図2に示す。

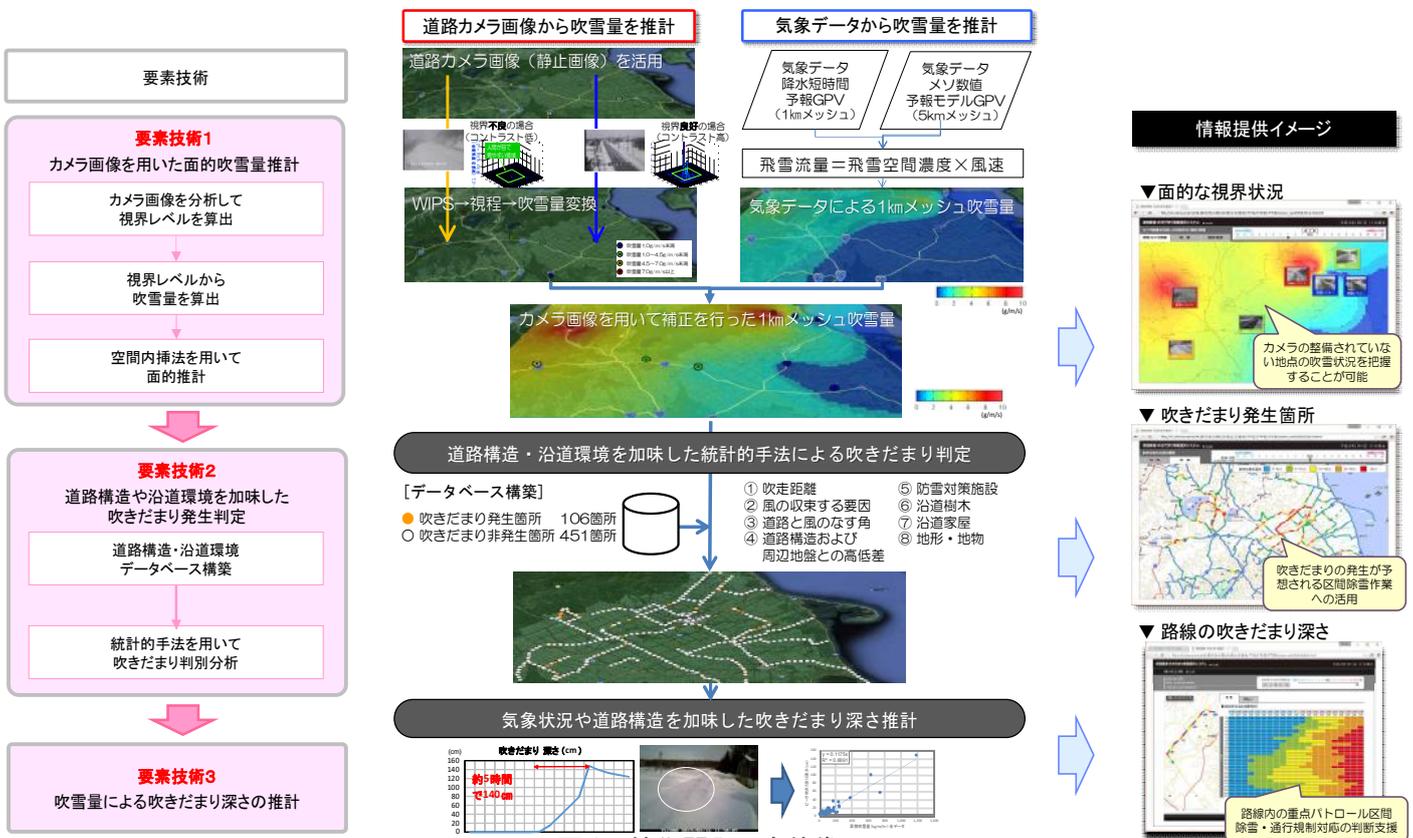


図2 技術開発の全体像

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

### 3. 吹きだまり予測情報提供システム【吹雪丸】の概要

#### 3. 1 【吹雪丸】とは

吹雪丸は、既存の気象データ（降水短時間予報 GPV やメソ数値予報モデル GPV 等）と道路管理カメラを有効活用し、吹雪量を面的に推計して道路構造（盛土、切土等）や沿道環境（沿道の樹木や家屋からの吹走距離等）を加味したアルゴリズムを用いて、道路上の吹きだまり発生・非発生を24時間先まで予測する技術である。

吹雪丸は、萩原ら<sup>1)</sup>の論文で視程障害や吹きだまりを高い適中率で予測できることが報告されている。

#### 3. 2 【吹雪丸】の概要

吹雪丸は、吹きだまり・視程障害・風向風速の予測情報を提供する。吹きだまり予測情報および視程障害予測情報、風の詳細情報の画面を図3に示す。

##### 1) 吹きだまり予測情報

エリアマップにより吹きだまり深さをランク分けした色が路線に表示される。

また、現在から24時間先の吹きだまり深さ予測をマップに表示することができる。

路線表示は、路線測点（縦軸）と24時間先の吹きだまり深さ予測（横軸）のマトリクス表を示す。表には吹きだまり深さをランク分けした色が表示される。

##### 2) 視程障害予測情報

エリアマップにより視程障害をランク分けした色が路線に表示される。

また、現在から24時間先の視程障害予測をスライダによりマップ表示ができる。

路線表示は路線測点（縦軸）と24時間先の視程障害予測（横軸）のマトリクス表を示す。表には視程障害をランク分けした色が表示される。

##### 3) 風の詳細情報

エリアマップにより風の強さを矢印の長さや色で表示し、風向を矢印の向きで確認することができる。

また、現在から24時間先の風向風速をスライダによりマップ表示ができる。

##### 4) スライダ

それぞれ、画面上部にあるスライダ（図4）を操作することで、過去24時間～予測24時間までの状況の変化を1時間ごとに確認することができる。

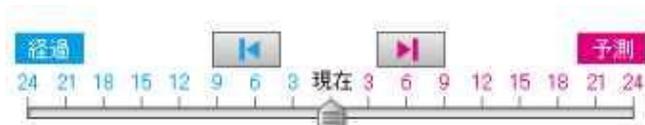


図4 スライダ

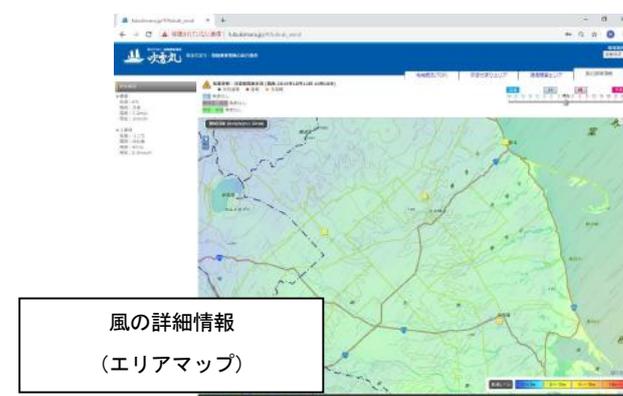
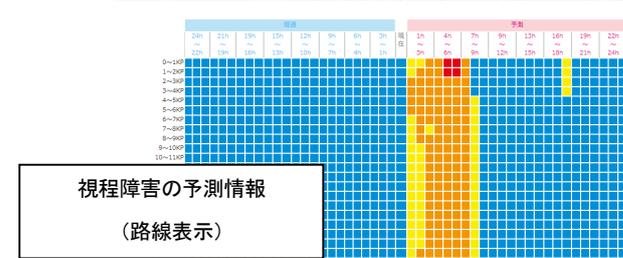


図3 吹雪丸情報提供画面



#### 4. 情報提供システム試行運用

##### 4. 1 試行概要

平成30年度における吹雪丸の試行は、平成30年12月1日～平成31年3月31日の4ヵ月間で行った。

対象路線は、国道1路線(国道272号)・道道3路線(中標津標茶線ほか)・町道2路線(俵橋南1号ほか)計6路線である(図7)。

試行情報は各路線の道路管理者および除雪業者に提供し、利用していただいた。

試行期間中アクセス数は、累積1,443アクセス、日平均16.5アクセスであった。

平成31年1月23～24日に対象地域で大雪警報が発表され、期間中最大の133アクセス/日(平均値の約8倍)を記録した(図8)。

<b>試行期間</b>
平成30年12月1日～平成31年3月31日
<b>対象路線</b>
【国道】国道272号
【道道】中標津標茶線 上武佐計根別停車場線 摩周湖中標津線
【町道】俵橋南1号 南中南1号
<b>試行提供利用者</b>
【開発局】北海道開発局 釧路開発建設部 中標津道路事務所 中標津道路 除雪業者
【北海道】北海道建設部 釧路建設管理部 中標津出張所 中標津出張所 維持業者
【中標津町】 中標津町総務課 中標津町建設管理課



図7 吹雪丸の試行概要

##### 4. 2 一冬期を通じた情報提供状況(視程障害)

平成30年度冬期、情報提供を行った6路線のうち、本稿では道道中標津標茶線の結果を以下に示す。

本路線ではカメラ画像分析により、吹雪(視程500m以下程度)を確認した事象が7回発生し、6時間予測は7回全て適中した(表1)。

吹雪の開始時間は、±1時間のズレが4回と2～4時間のズレが3回あった。終了時間は、7回全てが±1時間のズレであり、ほぼ適中していた(図9)。

なお、シーズンを通じた吹雪予測の空振り(過大予測)を検証したところ、霧・カメラの着水・雨を雪と判断した各1回ずつ、計3回あった。

風向の6時間予測は、近傍アメダスの値と比較して、ほぼ同方向から風が吹くことを予測した(図10)。

当該地域の風の方向は、通常「北西」が主風向であるが、「東寄りの風」が7回中3回発生した。

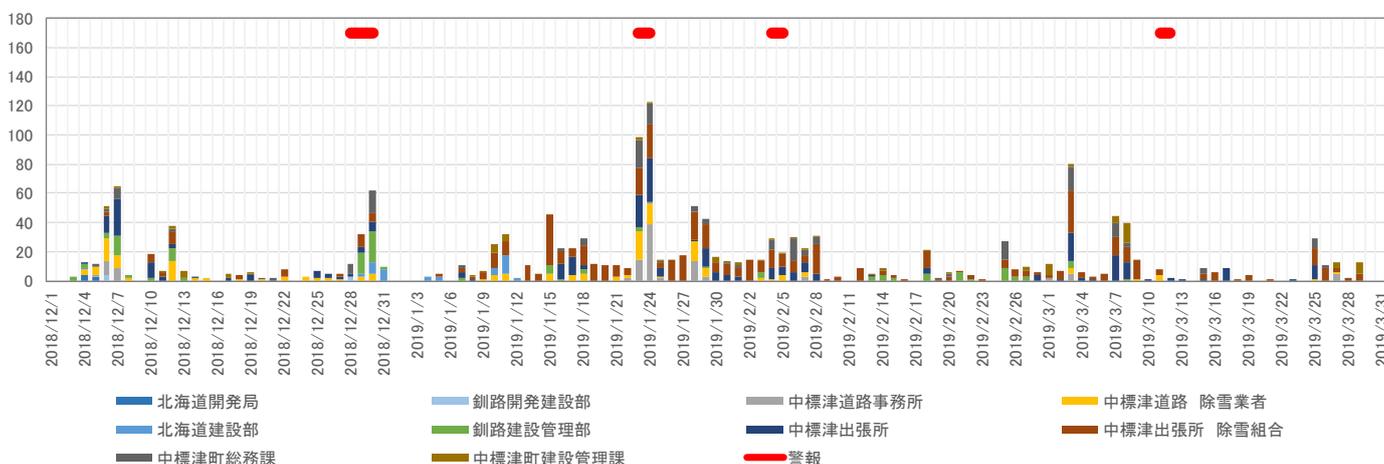


図8 吹雪丸のアクセス数

表1 吹雪予測の適中状況

①気象警報発表時(4回)

実績							注意報・警報状況		道路管理状況	
吹雪開始時間	吹雪終了時間	吹雪継続時間	最小視程	最頻風向	注意報	警報	通行止め	除雪出動		
2018/12/30 7:00	~ 2018/12/30 23:00	16時間	約200m	NNW	大雪・風雪	大雪	なし	-		
2019/1/23 23:00	~ 2019/1/24 2:00	3時間	約200m	NE ENE SSE	大雪・風雪	大雪	なし	-		
2019/1/24 17:00	~ 2019/1/24 20:00	3時間	100m以下	NNW	大雪・風雪	暴風雪	なし	1/24 20:30		
2019/3/11 21:00	~ 2019/3/12 5:00	8時間	100m以下	NNE	大雪・風雪	暴風雪	なし	3/12 3:00		

吹雪丸による予測						
6時間予測						
視程	吹きだまり深さ	吹雪開始時間	吹雪継続時間	吹雪終了時間	適中	
約200m	約10cm	4時間遅く始まる	12時間	同じ	○	
約200m	約10cm	同じ	3時間	同じ	○	
約200m	2cm程度	1時間早く始まる	4時間	同じ	○	
100m以下	約40cm	2時間早く始まる	11時間	1時間長く続く	○	

②その他吹雪発生時(3回)

実績							注意報・警報状況		道路管理状況	
吹雪開始時間	吹雪終了時間	吹雪継続時間	最小視程	最頻風向	注意報	警報	通行止め	除雪出動		
2018/12/7 14:00	~ 2018/12/7 18:00	4時間	約100m	N	大雪・風雪	-	なし	-		
2019/1/29 3:00	~ 2019/1/29 10:00	7時間	約300m	NE	大雪	-	なし	-		
2019/3/21 19:00	~ 2019/3/21 23:00	4時間	約200m	NE	-	-	なし	-		

吹雪丸による予測						
6時間予測						
視程	吹きだまり深さ	吹雪開始時間	吹雪継続時間	吹雪終了時間	適中	
約200m	約20cm	同じ	5時間	1時間長く続く	○	
約200m	約10cm	3時間早く始まる	9時間	1時間短く終わる	○	
約100m	2cm程度	同じ	4時間	同じ	○	

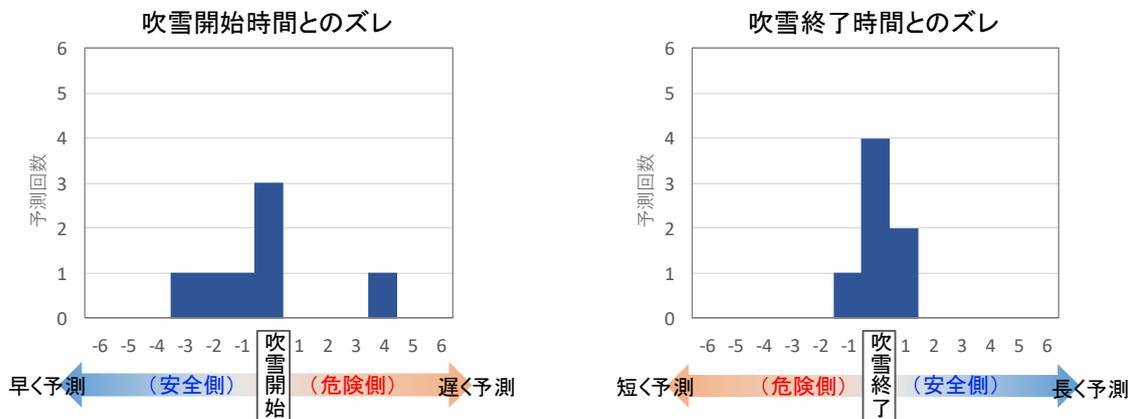


図9 吹雪予測の吹雪開始および終了のズレ

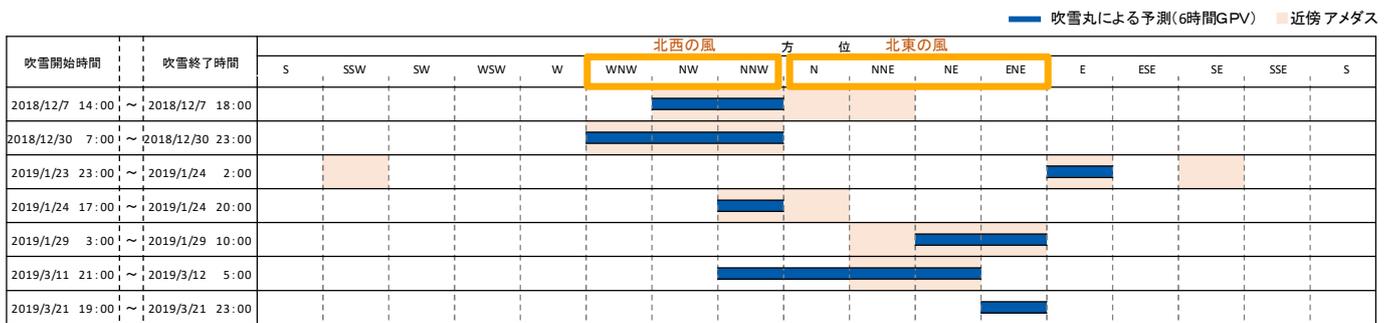


図10 風向予測の検証結果

4.3 吹きだまり深さの予測の検証

一冬期の情報提供(視程障害)と同様に道道中標津標茶線の結果を以下に示す。

吹雪丸の予測情報の結果を検証するため、除雪車にドライブレコーダを設置して除雪時の吹きだまり状況を記録し、後日記録動画から吹きだまり深さを目視確認して、予測情報と比較した。

本報告は、当該路線の3月12日の1ケースとする。

3月12日3時の除雪時に路線前半のランク4(20~50cm)と後半のランク3(10~20cm)の吹きだまりがあった(図11)。



図11 3月12日3時の現況(ドライブレコーダ)

3月11日21時の吹きだまり予測で6時間先の3月12日3時の予測情報を検証すると、約10~50cmの吹きだまりを予測した(図12)。6時間先予測の完全適中は50.8%で、1ランクのズレを許容する広義の適中は100%であった(表2)。



図12 6時間先吹きだまり予測

表2 6時間先吹きだまり深さ予測適中率

		予測情報(6時間前)				
		■	■	■	■	■
		ランク5	ランク4	ランク3	ランク2	ランク1
目視	ランク5	0	0	0	0	0
	ランク4	0	44	6	0	0
	ランク3	0	55	19	0	0
	ランク2	0	0	0	0	0
	ランク1	0	0	0	0	0

**広義の適中 100.0%**  
※適中および1ランクズレまでの比率  
**完全適中 50.8%**

**見逃し 0.0%**  
※2ランク以上外れの比率

**空振り 0.0%**  
※2ランク以上外れの比率

#### 4. 4 中標津地域の3月11~12日の大雪時の状況

道路カメラ画像では、3月11日21時から吹雪による視程障害が確認され、最も悪化した状況では視程100m未満となった。

情報提供を行った画面を図13に示す。3月11日15時時点では吹雪が開始する6時間先の複数の路線で視程が200m未満、吹きだまりが10~50cmになることを予測した。

#### 5. まとめ

本技術を活用した試行結果から、現在から6時間先の視程障害や吹きだまりの発生を予測することができ、早い段階で除雪出動や通行規制の実施解除タイミングなどの冬期道路管理の判断支援に有効であると考えられる。

#### 参考文献

- 1) 星野洋<sup>1</sup>, 正岡久明<sup>1</sup>, 村上学<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> 2018: 吹きだまり予測情報を活用した除雪体制強化の取組, 第34回寒地技術シンポジウム。
- 2) 間山大輔<sup>1</sup>, 正岡久明<sup>1</sup>, 星野洋<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> 2017: 吹きだまり予測技術の開発とその試行的取組に関する報告, 第33回寒地技術シンポジウム。

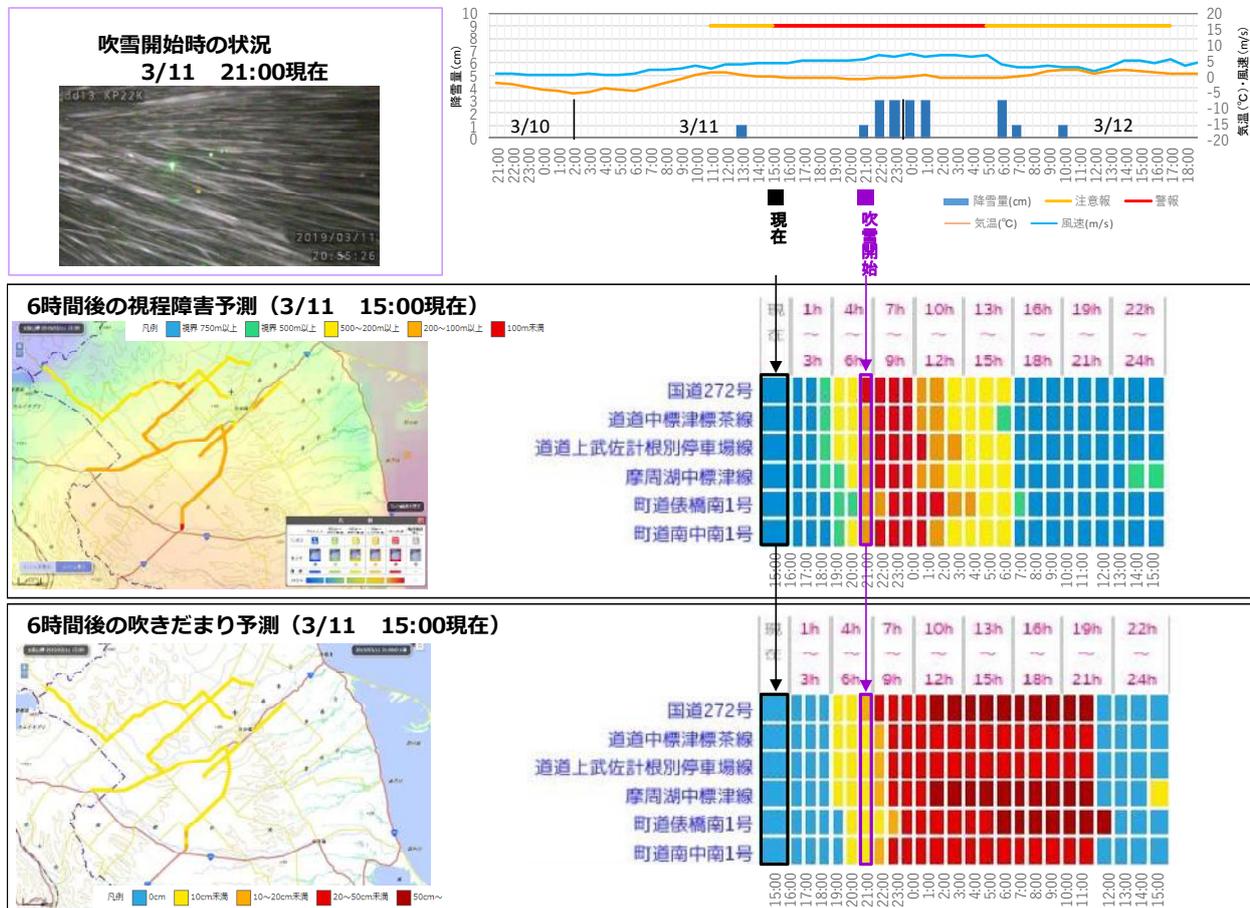


図13 3月11~12日の情報提供画面

# R C床版（新設）の複合劣化対策の取り組みについて

高橋 正晴\*1, 高橋 大輔\*1

## 1. はじめに

相馬福島道路は、常磐自動車道と東北自動車道を結ぶ約45kmの自動車専用道路であり東日本大震災からの復興支援道路として整備している。

本文は、福島相馬道路のうち、霊山～福島間（図1）に建設中の（仮称）桑折高架橋において、RC床版の複合劣化対策として実施している「RC床版の高耐久化（多重防護対策）」の取り組みについて報告するものである。



写真1 RC床版の土砂化



図1 相馬福島道路（霊山～福島）

## 2.2 防水工の機能限界

橋面の防水工は、路面からの水を直接床版に作用させない目的で設けられている。これは、床版への水の作用が疲労耐久性の低下に大きく影響するためである。

輪荷重走行試験の結果では、床版への水の作用により疲労耐久性が1/3～1/10に低下することが確認されている。この疲労耐久性の低下は塩害、凍害、ASR等による土砂化（写真1）に起因するものである。

## 3. 高耐久RC床版への取り組み

前述で述べた劣化の要因と思われる、凍害、塩害、ASRおよび疲労の4つに対する対策として、RC床版に劣化が生じないように図2に示す考え方によって対応することとし、RC床版に発生する4つの複合劣化に対し、それぞれに複数の対策が機能するように多重防護を施し、合理的かつ効率的に劣化に対するリスクを極力軽減させることとした。対策として求められる4項目を示す。

- ① 目標空気量（十分なエントレインドエア）
- ② 配合計画（水結合比の低減・高炉セメント使用・膨張剤の使用）
- ③ 養生期間（追加養生）
- ④ 防錆鉄筋の採用

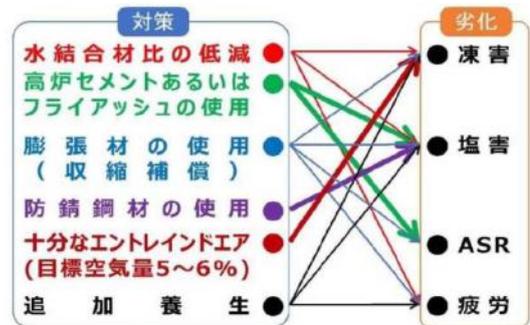


図2 高耐久を目指した多重防護の考え方

## 2. 劣化の要因

### 2.1 劣化の実態

東北地方のRC床版では、架橋地点における自然環境や供用環境による早期劣化が散見されている。従来からRC床版は活荷重による疲労で破壊すると考えられてきた。RC床版でも活荷重の影響により、床版下面に二方向ひび割れが発生したり、押抜きせん断破壊により部分的に床版が抜け落ちる事象が発生している。また、1990年頃よりスパイクタイヤが禁止されてからは、凍結抑制剤が多量に散布されるようになり、RC床版上面コンクリートの土砂化（以降、「土砂化」）（写真1）が散見されるようになってきた。RC床版の土砂化についてメカニズムは解明されていないが、東北地方のほとんどが、積雪・寒冷地域であり、冬期の道路交通の安全を確保するために、塩化ナトリウムを主成分とする凍結抑制剤を散布することから、塩害、塩分環境下の凍害（以下、「凍害」）および塩分環境下のアルカリシリカ反応（以下、「ASR」）に、水の作用や活荷重等の影響が加わる複合劣化が土砂化の要因と考えている。

\*1 国土交通省 東北地方整備局 福島河川国道事務所

### 3.1 目標空気量

耐凍害性に有効なエントレインドエアは、気泡径300 $\mu$ m以下とされ、より細かい気泡が有効であると言われている。

現在のJIS規定では、空気量を4.5%( $\pm 1.5\%$ )としているが、下限となる3.0%程度の空気量では配合や施工環境下によって、硬化後の残存空気量が著しく低下する可能性がある。そのような場合では、厳しい塩分環境下において十分な耐凍害性、スケーリング抵抗性が確保出来ないことが検証されている。2017年制定コンクリート標準示方書〔施工編：施工標準〕の配合設計では、寒冷地等で長期的に凍結融解作用を受ける様な場合には6.0%程度の空気量とするのがよいとされていることを考慮し、本橋梁の床版では目標空気量を5.0%(+1.0%、-0.5%)と定めた。

### 3.2 コンクリート配合

一般的な非合成桁の床版コンクリートは、普通ポルトランドセメントを用い、コンクリートの配合は、呼び強度24N/mm<sup>2</sup>、スランプ12cm、粗骨材最大寸法25mm、水セメント比55%以下となるが、多重防護の観点から次のとおり定めることとした。なお、架橋位置における凍害対策種別はA地域である。(参考文献〔1〕より)

塩分環境下のASRを防止するために高炉セメントB種を用いることを基本とする。

また、床版コンクリートが十分なコンクリート強度が発現しない初期の材齢段階で収縮側に転じることを防止し長期にわたりひび割れ抑制、温度応力抑制のために膨張材の使用を基本とする。

配合は呼び強度30N/mm<sup>2</sup>、スランプ12cm、粗骨材最大寸法25mm、水セメント比(水結合比)45%以下、膨張材入りとしたが、試し練りの結果、呼び強度30N/mm<sup>2</sup>では水結合比が45%以下にならず、呼び強度33N/mm<sup>2</sup>とし施工している。また、スランプを12cmとしていたが、4回実施した模擬床版による試験施工の結果より打設時期毎にスランプを12cmから18cmに幅を持たせることでワーカビリティを確保し平坦性の向上を目指している。(表1)

表1 高耐久化配合設計

配合設計								
工程	区分	呼び強度(N/mm <sup>2</sup> )	スランプ(cm)	粗骨材最大寸法(mm)	標準 水セメント比(%)		空気量(%)	摘要
					高耐久	水結合比(%)		
床版工	標準品	24	12	25	55%以下		4.5	普通ポルトランドセメント
	高耐久	33	12~18	25	45%以下		5.0	高炉セメント(B種) (膨張材入り)

### 3.3 養生期間

床版コンクリートの緻密性を高めるために床版上面については湿潤養生、湿潤マットや散水等の給水養生を標準的な湿潤養生期間に追加して合計で1ヶ月間行う。

なお、寒中期間施工の場合は2017年制定コンクリート標準示方書〔施工編〕を参考に養生方法について計画、管理する必要がある。

### 3.4 防錆鉄筋の採用

本橋梁の縦断勾配が3%以上、合成勾配が5%以上の床版桁端部打ち下ろし部には防水層の機能上限界があり、塩分混じりの路面排水が鉄筋にまで浸透するリスクが高いことからエポキシ樹脂塗装鉄筋を使用する。(写真2)



写真2 端部塗装鉄筋

## 4. RC床版施工計画の立案

RC床版の施工にあたっては、施工中に生じる不適切な施工による不具合を発生させないように施工計画を立案しなければならない。

### 4.1 試験施工の実施

施工計画書の立案にあたってはRC床版の耐久性確保の手引き(案)に則り、施工上の疑問点を解消するため模擬床版による試験施工を実施した。試験施工にあたっては、本施工の床版と同じ縦・横断勾配を再現し、本施工で使用する資機材を使い、実際に作業する作業員、管理者が行った。(写真3)



写真3 模擬床版

試験施工により確認しておくべき事項として、下記の項目を確認した。

#### 4.2 コンクリートの性状確認

生コンプラントから打込みまでの経時変化の確認した。今回使用する生コンは、水結合比45%以下を使用しているため、セメントの粉体量が多く粘性が高い。このため気温等により性状が影響を受ける場合がある。試験施工による経時変化を把握した。表2は性状試験による生コンの経時変化の結果である。

表2 コンクリート性状試験結果

・試験施工コンクリート配合				
工種	区分	強度	粗骨材	スランプ
床版工	特殊品	33	25	18
BB 膨張材(短繊維入り)				
・性状試験結果				
確認項目	許容値	製造時	受入れ時	筒先時
スランプ	±2.5 (15.5~20.5)	20	19	17.5
空気量	+1.0, -0.5 (4.5~6.0)	5.5	5.5	5.3
コンクリート温度		27	28	26
外気温		20	21	21
単位水量	168kg/m <sup>3</sup> ±15kg/m <sup>3</sup>		175 (+7)	

#### 4.3 施工性、作業手順の確認

打込み(圧送)、敷均し、締固め、仕上げの確認を行った。(図3)

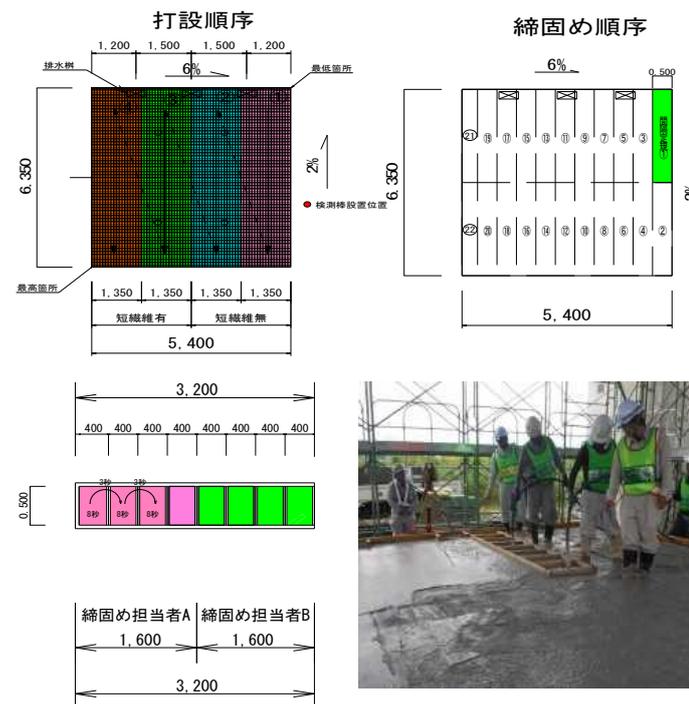


図3 打込み締固め順序

打込みは本施工時と同じポンプ車を使用しポンプ車の圧送能力の確認をした。また、打込み順序の確認を行った。打込み順序は、勾配が低い方から高いほうに向かって打込む。打ち込み時のワーカビリティの確認を行った。

敷均しはコンクリートの性状状況を確認、今回の配合は粘性が高く敷均し難い性質があることが分かった。また、スランプが18cmと比較的柔らかいコンクリートだが、粘着性が強いため、低いほうに流れていくようなことは

なかった。

次に締固めの手順を確認した。締固めは打込み、敷均しが完了した時点で本締固めを行う。50cmピッチでロープや間隔定期を使用し挿入時間8秒の管理を行った。スランプが18cmと比較的柔らかいためか、本締固め後再度敷均しを掛けた時骨材が少ないような印象を受けた。試験施工終了後にコアによる試験体の採取を行い確認したところ粗骨材の沈下が見られた。検討した結果、本施工ではスランプ15cmでの計画とした。

また、床版上面の仕上げが適切に施工できる経過時間及び床版仕上がり面の確認を行った。仕上げ適切時期については、N式貫入試験結果(写真4)と実際に仕上げる左官工との意見交換を行い決定した。

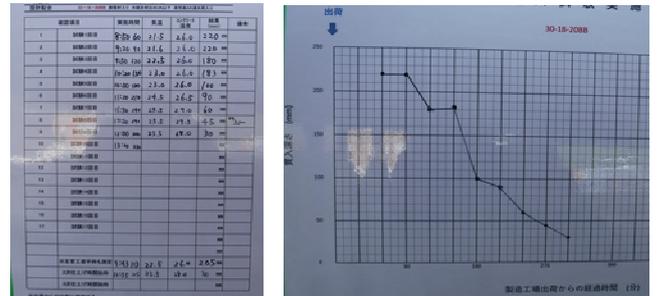


写真4 N式貫入試験一覧

N式貫入試験とは、落下させた鉄の棒の貫入量によりコンクリートの硬さを確認する試験で、試験結果から得られた値を参考に、左官工の仕上げと養生の適切なタイミングを計るためのものである。試験施工での結果を基に本施工での適切時期を設定した。

床版コンクリート上面仕上げは、トロウエルを使用し平坦性の仕上げを行う。その後、金ゴテによって最終仕上げを行う。(写真5)

コンクリートの散水養生は、養生マットを敷いた後に散水を行い、シートにて水分の蒸発を抑える。模擬床版の施工では養生中の湿潤状態の確認を行った。

この結果、打設時の気温で湿潤状態が2日間持つことが分り、本施工では標準湿潤養生期間は連日散水を行い、その後打設から1ヶ月間は2日置きに散水する計画とし湿潤状態を保つこととした。(写真6)



写真5 仕上げ状況



写真6 養生状況

試験施工終了後に学識経験者、発注者、受注者(元請、下請)が集まり、本施工に向けて検討会を行い、問題点の抽出や対策、検討を行った。

試験施工を行うことによって、作業手順の確認、使用材料の特性の確認、資機材の施工能力の確認など、さまざまな問題点を本施工までに施工計画に反映させることが出来た。

## 5. 防水層および橋面舗装

### 5.1 防水層

施工時に発生するひび割れは完全になくすることができないことから床版への雨水や塩化物の浸透を抑制し耐久性の向上を図るために防水層を設置する。床版防水層(防水シート)に求められる項目を示す。

- ① ひび割れの発生、開閉に対して追従性がある。
- ② 施工時に防水シート下に気泡が生成されにくい。
- ③ 防水シートが舗装合材の転圧力、輪荷重で破れない。
- ④ 防水シートと床版および防水シートと舗装が十分な接着性を有する。
- ⑤ 外気温の低い冬期の施工でも品質が確保出来る。
- ⑥ 施工に特別な技術を必要としない。

などがあげられるが、①と③については道路橋床版防水便覧付録-3より防水材の引張強さ標準値100N/cm以上に対して長手124N/cm、幅方向109N/cmの材料を使用する。

④については模擬床版を活用し引張接着試験を実施し(写真7)評価基準値は1.2N/mm<sup>2</sup>以上であることを確認し、防水シートと床版および防水シートと舗装が十分な接着性を有するものを採用する。②と⑥については施工の確実性から流張り型とする。⑤については敷設時の外気温が5℃以上等施工環境に配慮して工程計画をしている。



写真7 引張り接着試験

### 5.2 橋面舗装

高規格道路車道のアスファルト舗装厚は表層4cm、基層4cmの8cmを標準とし、曲線橋や斜橋などは舗装厚が変化する場合は最小厚8cmを確保するものとしている。

東北地方では橋面の表層は碎石マチックアスファルト舗装から改質アスファルトⅡ型になり、橋面舗装に求められる機能は、降雨の流下能力や耐水性を重視し、密実で表面のキメに水が溜まらない構造に変更された。

近年、耐流動性に優れた混合物を基層に採用した事例では、防水層との面的な接着ができておらず、滞水より舗装の劣化や損傷が確認されている。

基層にも改質アスファルトⅡ型が採用となっているが、より水密性を確保するため、基層合材および配合について各マーシャル基準の最適アスファルト量について試験練りを実施し、プラントにおいて粒度等必須試験、ホイールトラッキング試験等その他試験およびアスファルト混合物の加圧による透水試験にて透水係数 $1 \times 10^{-7}$ cm/s以下を確認した。その結果を踏まえて、施工性、かつ経済性を考慮して、より良い合材、配合に変更し施工する予定である。

## 6. まとめ

RC床版の高耐久化として、設計時点での複合劣化対策と本施工施工時の施工による不具合の対策を行うことで、架橋地点における自然環境や供用環境による劣化を軽減する、設計、施工、維持管理が必要である。

今回の高耐久化の取組みは、本橋梁だけでなく、相馬福島道路霊山～福島間の橋梁すべてで展開していく計画であり、高耐久化に向け取組みが試行的取組みではなく、標準的な取組みになっていくことが求められる。

最後に今回の取組みでご指導、ご協力を頂きました関係者の方々に感謝申し上げます。

〈参考文献〉

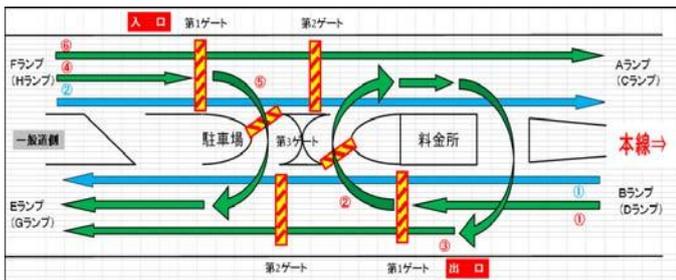
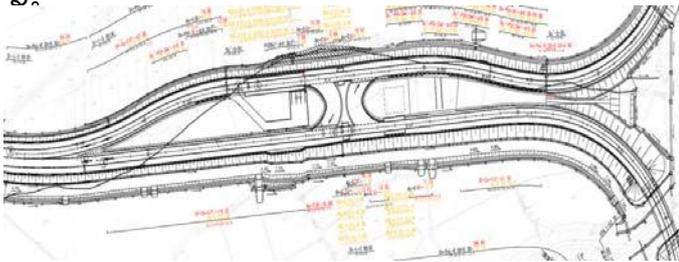
- [1]東北地方におけるRC床版の耐久性確保の手引き(案)  
国土交通省 東北地方整備局 道路部 (令和元年6月)
- [2]道路橋床版防水便覧  
公益社団法人 日本道路協会 (平成19年3月)
- [3]舗装調査試験法便覧  
公益社団法人 日本道路協会 (平成31年3月)
- [4]コンクリート標準示方書  
公益社団法人 土木学会 (平成30年3月)

# 合体作業での効率UPについて (既設のウニモグと小型散布機の融合による効率化の試行)

小田嶋 康弘\*1 鈴木 克彦\*1

## 1.はじめに

北上管理事務所は、東北道(一関IC~花巻IC) 秋田道(北上JCT~湯田IC) 釜石道(花巻JCT~東和IC)の3路線、延長102.7kmを管理し、管理路線内にはJCT2箇所、IC11箇所、SA・PA上下線10箇所と昨年度オープンしたスマートIC1箇所の24箇所の施設を管理している。



## 2.課題

これら多くの施設を管理する中、特に冬期間の雪氷作業において、既設のプラウ幅が3.5m~4.2mの除雪車両は、本線除雪作業では問題が無いものの、IC(スマートIC)及び休憩施設等のランプ部で除雪作業を行う場合には、構造物近接の除雪に接触等の危険が伴い、IC除雪時に一般道を介して反転するため大型車両が反転出来る箇所が少なく時間を要し更に、除雪後には凍結防止剤散布も必要となることから別途、散布作業を実施するため、作業時間や経費の面でロスが発生している。

## 3.対策検討

休憩施設等のランプ部、構造物近接の除雪と一般道での反転及び除雪後の凍結防止剤散布を効率的に行う有効な対応の検討を下記の手順で検討を行った。

- 効率的に作業が出来るように小型機械導入を検討。
- 小型機械導入に当たり、既存の機械の有効利用の有無を確認。
- 大規模な改造の有無を確認。

写真 1 既設のウニモグ

\*1 株式会社ネクスコ・メンテナンス東北 北上事業所

#### 4. 合体（除雪及び散布）作業実施のための既存施設

北上管理事務所では、灯具清掃用として万能車（ウニモグ）を保有しており、雪氷期間はプラウを取付け料金所や管理事務所周囲の除雪に使用し、メンテ東北では自社持ちの小型散布機を保有し作業用トラックに積載し小規模の散布に使用していた。別々に使用していた既存の設備の有効利用を考え、これらを合体させた小型除雪散布機の運用を試行した。



写真 2 小型散布機



写真 3 小型散布機の積載



写真 4 小型散布機制御リモコン

## 5. 試行内容

万能車であるウニモグは、小型で小回りが利き除雪に関して問題は無い。凍結防止剤散布について検討を行った結果、ランプ用として保有している小型散布機をウニモグに積載する事が出来れば1台で雪氷作業が出来、作業効率・稼働率向上にも繋がると考えた。しかし、ウニモグ純正のアタッチメントにて凍結防止剤を散布出来る仕様とした場合、荷箱で約2百万円・散布装置で約8百万円の計、約10百万円程度と高額な経費が必要となることが判明した。費用対効果を考慮し、北上管理事務所の既存資材で改良する事が出来れば、費用削減にも繋がることから自社で保有している小型散布機を積載する事を計画した。積載には両サイドにアオリを取付ける必要が発生したが、幸運にも車両更新により廃車予定の車両が既存にあったため、取り外してウニモグにアオリを補填し取付けを行った。上記の結果、設置費も約百万程度で納まり、小まめな作業が必要となるスマートICでの除雪作業を基本として試行を実施した。



写真 5 純正散布装置

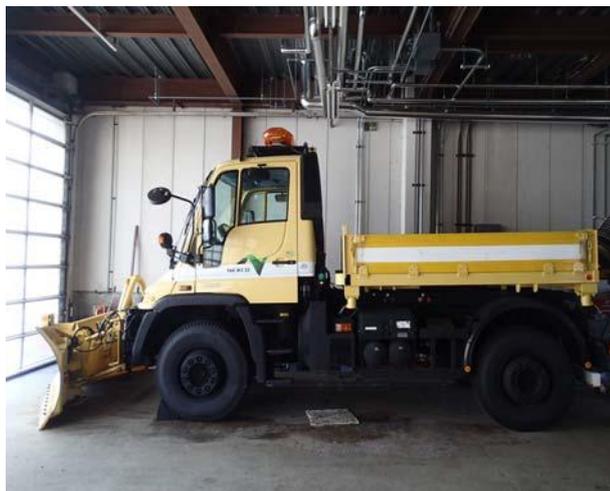


写真 6 荷台の積載

写真 7 改良ウニモグ

## 6. 試行結果

既設のウニモグと小型散布機の融合による効率化の試行の結果、手狭なスマートIC内での除雪・散布作業に有効であり、安全且つ小まめに除雪及び散布作業を行うことが出来、ウニモグの稼働率が昨年度7日に対し今年度は27日と約4倍の稼働率向上にも繋がった。従前は除雪と別に散布作業を行っており、今回の試行では1台で出来るため作業員も半分に削減出来た。この合体（既設ウニモグと小型散布機の融合）作業は他のエリアでも有効で有ると思われる。試行による今後の課題としては、ウニモグベースの機械は小回りは効くものの、ウニモグのプラウ幅（2.7m程度）が狭い為、1ローテーションでの作業完了が難しい事が判明した。

## 7. まとめ

雪氷作業の安全且つ効率化として、合体仕様の機械の運用は有効であり特に、小まめな雪氷作業が必要とされるスマートICに有効と思われる。この取り組みによる効率化で、昨今の除雪オペレーター不足対策（少人数小体制での作業）や既存車両の稼働率向上にも繋がったと考えます。今後、1ローテーションで除雪出来るように、拡幅プラウの検討を行って行くと共に、ウニモグ=万能車の名の如く雪氷以外の様々な作業に応用出来れば作業員等の負担軽減に繋がるため、引き続き作業の効率化のための思考・検討をしていきたい。

# 雪に起因する“通行止め時間の最小化”に向けた取り組み

松浦 智典\*<sup>1</sup>、堀江 悟\*<sup>1</sup>、草野 智之\*<sup>2</sup>

## 1. はじめに

中日本高速道路 金沢支社は、北陸3県（福井県・石川県・富山県）と滋賀県及び岐阜県の一部を通過する北陸自動車道、東海北陸自動車道、舞鶴若狭自動車道の総延長約340kmを管理している。事業エリア内は、積雪寒冷地であることに加え、降雪の大変多い地域を通過しているため冬期間の道路交通確保は当支社における重要課題となっている。

路線毎の内訳及び金沢支社の事業エリアを図-1に示す。

2017年度冬期、北陸地方は数十年に一度の記録的な大雪に見舞われた。金沢支社では約100台の除雪車や定置式溶液散布装置などの設備をフル稼働させて対応したが、強降雪に対し、管内の縦断勾配が厳しい箇所においては自力走行不能車両が発生し、最大約460台の滞留車両の発生と最大約36時間の通行止めを余儀なくされた。（写真-1）

本報告は、2017年度の福井豪雪等の大雪対応の経験や反省、教訓から実施した2018年度冬期交通確保の取り組みと、その結果について取りまとめたものである。



図-1. 路線毎の内訳及び金沢支社の事業エリア

## 2. 2018年度の冬期交通確保に向けた取り組み

### 2.1 取り組みの重要性

中日本高速道路 金沢支社では、2017年度(2018年1～2月)に経験した福井豪雪をはじめとする大雪対応の経験や反省、教訓を踏まえ、「冬期交通確保」を2018年度の事業計画における3つの主要施策の一つとして位置付けた。

そして、ハード・ソフト両面での対策強化により、2017年度のような大雪に見舞われても乗り切れるような準備を進めた。

### 2.2 ハード対策

#### 2.2.1 置式溶液散布装置の増設

上り勾配が大きい箇所(5%以上)で自力走行不能車両が発生しないよう、降雪や路面の状況に応じて適時凍結防止溶液を路面に散布する設備(定置式溶液散布装置)を追加設置することとし、北陸自動車道に10箇所(9.9km)増設し、合計15箇所(15.1km)とした。

これにより予期せぬ急な降雪や、強い降雪に見舞われても積雪に至らず、路面を湿潤状態やシャーベット状態に保つことが可能となった(写真-2)。

写真-2. 定置式溶液散布装置 運用状況

#### 2.2.2 監視カメラの増設

金沢支社管内には交通や気象状況を監視するための監視カメラが226基設置されていたが、過去に自力走行不能車両が発生した箇所を中心に、更に23基、北陸自動車道に追加設置した。

これにより北陸自動車道においては、上り勾配3%以上の区間について、常時監視可能な状態となり、気象状況や路面状況に加えて、交通事故や自力走行不能車両の発生による交通障害を早期に発見する事が出来るようになった。

写真-1. 車両の滞留状況

\*<sup>1</sup>中日本高速道路株式会社 金沢支社 保全・サービス事業部 保全計画課、

\*<sup>2</sup>中日本高速道路株式会社 金沢支社 敦賀保全・サービスセンター 保全計画課

### 2.2.3 救援車両の事前配置の増強

急こう配箇所等で発生する自力走行不能車両の早期救援対策として、牽引車両（トラクタショベル、レッカー車）を雪氷基地や急勾配箇所近傍の本線脇に待機させている（写真-3）。

2018年度は、2017年度の反省を踏まえ、待機場所を更に3箇所増やすと共に4台増車し、合計18箇所、23台を待機させ、いつでも救援できる体制を整えた。

写真-3. 救援車両の事前配置状況

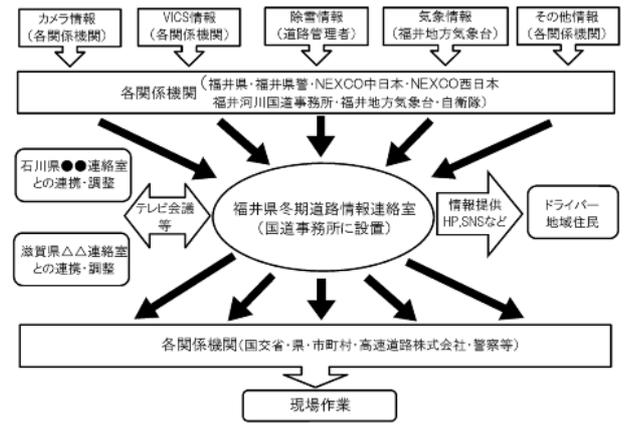


図-2. 「福井県冬期道路情報連絡室」の運用イメージ

### 2.3.2 予防的通行規制による短期集中除雪

大雪予報が発令された場合には、地域道路ネットワーク全体としての通行止め時間の最小化を図ることを目的として、交通障害が発生する前に関係機関と調整の上、特定の区間について予防的通行規制（通行止め）を行い、他区間あるいは応援除雪車を集中させて除雪作業を行う計画とした。

図-3は、予防的通行規制（通行止め）を実施する際に関係機関が共有する調整状況共有シートで、高速道路と並行する国道が同時に通行止めとならないよう、予防的通行規制（通行止め）を実施する区間や時間帯の調整を図る。これにより地域間交通が遮断され、一定地域が孤立するようなことを防止できると考えた。

### 2.2.4 広域応援体制の再構築

気象予測会社から出される72時間前の気象予測に基づき、大雪予報時には全社的な応援体制により不足する除雪車等を補うこととした。

降雪が強い区間に応援車両を配置する事で、除雪作業のローテーションを短くし、路面上の積雪を取り除き、交通事故の発生や自力走行不能車両の発生を抑制した。

## 2.3 ソフト対策

### 2.3.1 地域道路ネットワーク維持に向けた国・県等と一体となった除雪戦略の展開

福井県においては、大雪注意報が発令された段階で「福井県冬期道路情報準備室」を立ち上げ、道路管理者（国、県等）が参集し、気象や交通状況について情報交換する。次に、大雪警報が発令された段階で「福井県冬期道路情報連絡室」に格上げされ、道路管理者に加えて警察や気象台等の関係機関が参画して、地域道路ネットワーク維持の観点から通行止めの区間や時間帯等の協議・調整を行うこととした（図-2）。

そして、その結果については、マスコミやそれぞれの機関が有する情報提供手段を駆使して、ドライバーや地域住民等に対して情報発信を行っていく協力体制を構築した。

石川県、富山県においても、福井県と同様に関係機関が連携して対応するスキームを構築した。

・12月3日における高速道路及び並行一般道における弱点区間の共有（記載例）

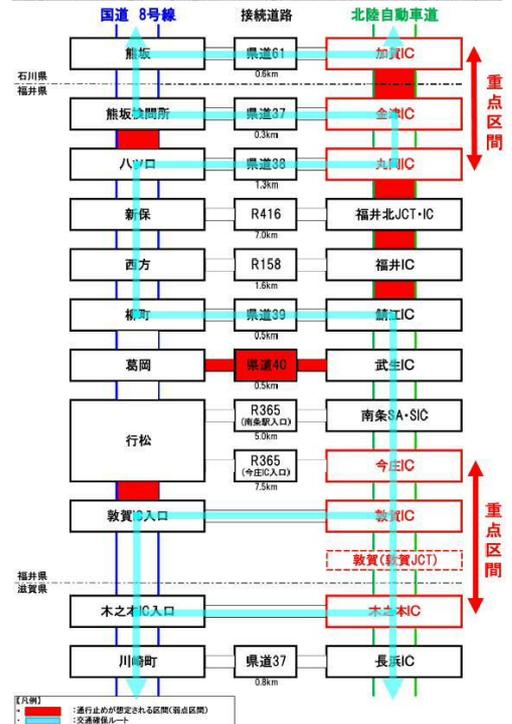


図-3. 予防的通行規制の情報共有シート（記載例）

### 2.3.3 大雪予測時における事前広域広報の強化

気象予測会社から発表される72時間前の気象予測により大雪が予想される場合は、記者発表や当社が有する情報板やHP、アイハイウェイ、情報ターミナル等において広域的な迂回を案内する等の事前広報活動を展開していくこととした(図-4)。



図-4. 広域迂回路広報の実施イメージ

### 2.3.4 冬用タイヤ装着規制時におけるタイヤチェックの徹底とチェーン装着規制時のチェーン装着チェック

2017年度までは、縦断線形の厳しい滋賀・福井県境の木之本IC～今庄ICを対象として、初冬期に冬用タイヤ装着チェックを実施してきた。

しかしながら、2017年度には福井・石川県境の加賀IC～丸岡IC、石川・富山県境の金沢森本IC～小矢部IC間で自力走行不能車両が発生し、通行止めとせざるを得ない状態となったことに鑑み、これらの区間を走行するお客様に対しても冬用タイヤ装着規制時における冬用タイヤ装着チェックを実施することとした。

また、法令により全車チェーン装着規制が発せられる滋賀・福井県境の木之本IC～今庄IC、福井・石川県境の丸岡IC～加賀ICにおいては、チェーン装着チェックを実施することとした(図-5)。

これらの対策を実施するため、12月1日～2月28日の間、誘導員とチェック要員の合計107名を夜間常駐拘束する体制を整え、万全を期した。



図-5. チェーン装着規制対象区間

## 3. 2018年度冬期の状況

### 3.1 気象概況

2018年秋から発生したエル・ニーニョ現象が継続し、気温が高く、降雪が少ない冬であった。

金沢支社管内の冬日日数は、過去5年間の平均と同等で、平均最低気温は、1月以外は平均と同等か高かった。

図-6に管内の平均降雪日数、図-7に平均累計降雪量を示す。

いずれも過去5年間で最低レベルの降雪日数、降雪量で、暖冬傾向であったことを示している。

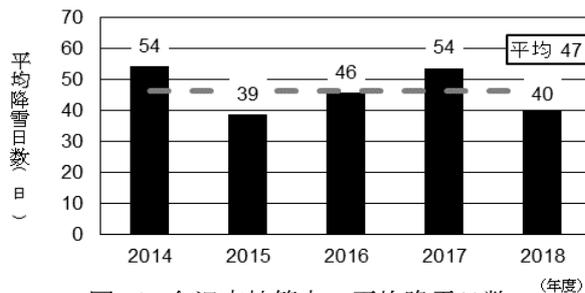


図-6. 金沢支社管内の平均降雪日数

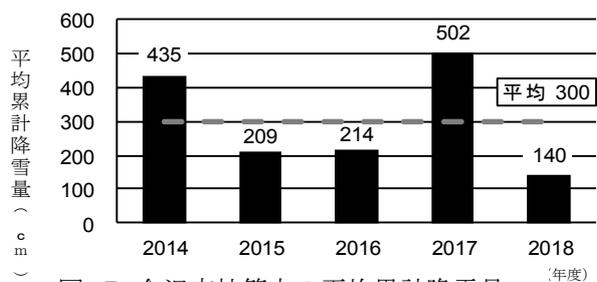


図-7. 金沢支社管内の平均累計降雪量

### 3.2 雪氷対策作業の実施状況

#### 3.2.1 凍結防止剤散布作業状況

気温低下に伴う凍結防止剤散布作業回数は、過去5カ年平均の約70%で、延べ散布回数は約5,400回であった(図-8)。また、凍結防止剤(NaCl)の使用量は過去5カ年平均の約75%で、11,600tであった。

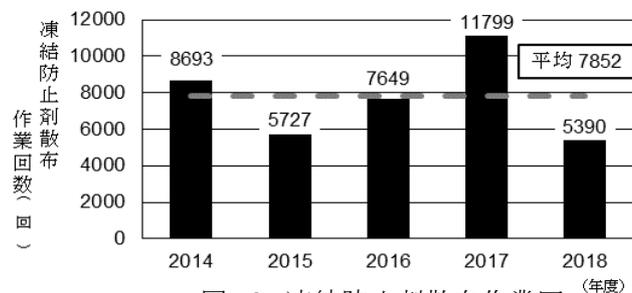


図-8. 凍結防止剤散布作業回

#### 3.2.2 除雪作業状況

路面積雪時に行う除雪作業は、過去5カ年平均の約40%で、延べ除雪回数は約1,100回であった(図-9)。

また、除雪車の累計走行距離は約27,000Kmで地球約0.7周に相当するが、2017年度の3.3周と比較すると大幅な減であった。

図-9. 除雪作業回数



写真-4. 冬用タイヤ装着チェックの実施状況

### 3.3 広域応援派遣の実施状況

2018年12月27日～28日にかけて、福井県域で一晩に約40cmの降雪予測が発せられた(72時間前予測)。

この降雪予測に対して、福井県内に常時配置している18梯団では路面の積雪が上限値を超過する恐れがあったことから、NEXCO中日本本社に対して広域応援派遣の依頼を行った。

この要請により、当社では全社的な応援派遣体制が構築され、関東の東京支社並びに八王子支社から8梯団(除雪車24台)が応援派遣され、福井県内の北陸自動車道の除雪作業に加わった。

降雪予測を下回る降雪量であったこともあり、交通量の多い年末の通行止めを回避する事が出来た。

この他にも、1月8日富山県域(富山HSC管内)で、また1/26には石川・富山県域(金沢・富山HSC管内)で強降雪の予測が出されたことがあったが、金沢支社管内の敦賀HSCから除雪車を応援派遣することにより、通行止めを回避する事ができた。

### 3.4 交通規制状況

#### 3.4.1 冬用タイヤ装着チェックの実施

2018年12月27日～28日にかけての大雪予報時において、普通タイヤ装着車両が高速道路上を走行しないように、縦断線形の厳しい箇所での自力走行不能車両を発生させない目的から、木之本IC～今庄IC、丸岡IC～加賀IC、金沢森本IC～小矢部IC間を走行するお客様に対して、全車引き込みによる冬用タイヤ装着チェックを実施した。

なお、2018年度冬期に実施した冬用タイヤ装着チェックの実施状況は表-1のとおりである。

また、チェーン規制の実施に伴うチェーン装着チェックは実施しなかった。

表-1. 冬用タイヤ装着チェックの実施記録

対象区間	チェック場所	実施日	延べ時間
木之本IC～今庄IC	下り線 木之本IC	12/ 8～ 9	11時間30分
	上り線 南条SA	12/ 8～ 9	16時間00分
木之本IC～今庄IC	下り線 木之本IC	12/27～28	16時間03分
	上り線 南条SA	12/27～28	13時間55分
丸岡IC～加賀IC	下り線 丸岡IC	12/28	2時間15分
	上り線 尼御前SA	12/28	4時間20分
金沢森本IC～小矢部IC	下り線 金沢森本IC	12/28	2時間20分
	上り線 小矢部川SA	12/28	5時間20分

#### 3.4.2 通行止め時間

2018年度冬期は、2017年度の反省と教訓を踏まえた対策と、幸いにも暖冬傾向であったことから、金沢支社管内における“雪”に起因する通行止めは無かった。

なお、“雪”に起因する過去の通行止めの状況を図-10に示す。

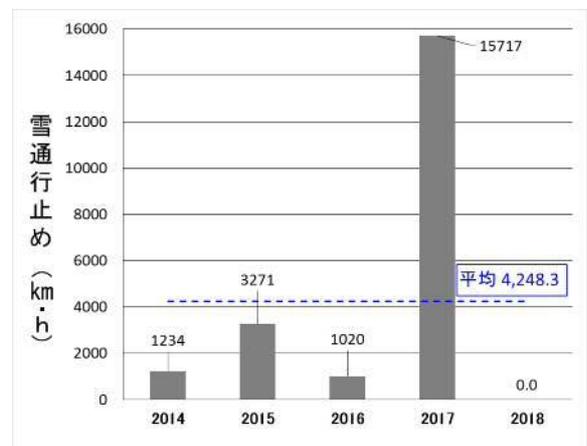


図-10. “雪”に起因する通行止め時間

### 4. 今後の課題とまとめ

2018年度の冬期、“雪”に起因する“通行止め時間の最小化”を目指し、ハード・ソフト両面により対策を強化し、準備してきた。

これらの効果と、比較的暖冬傾向であったことから、“雪”に起因する交通障害の発生はなく、シーズンを終えることが出来た。

しかしながら、これら対策の効果を十分に検証できなかったという一面があるため、今後実施する雪氷対策作業の中で現地の効果・対応の確認が必要となる。

設備を構築したといってもこれらを上手くオペレーションしていかななくては意味がなく、制度や仕組みを作ったとしても、上手く運用しなくては絵に描いた餅になってしまう。よって、社内でのオペレーション教育や関係機関との緊密な連携が必要とされる。

また、ハード面の対策についてはその効果と費用面がトレードオフの関係となることから、メンテナンス費用を含めた費用対効果の検証を今後行う必要がある。

# V P I Sを活用した除雪作業車両位置広報サービス「除雪NAV I」について

松本 剛明 ※1 坂 宗樹 ※2 坂田 圭亮 ※2

## 1. はじめに

高速道路業務において、お客様に安全な走行環境を提供することは極めて重要なことである。特に冬季の降雪に伴う雪氷対策作業は、お客様の安全走行を維持するために昼夜を問わず行われている。

## 2. 雪氷対策作業に伴うお客様からの改善要望を受けて

### 2-1 お客様の改善要望

冬季に行われる雪氷対策作業は「除雪作業」、「湿塩散布作業」、「つらら除去作業」等、多岐にわたる。これらは除雪車等の作業車両にて行われているが、作業の質や安全を確保する上でも本線上の低速走行での作業が必要となる。そのため、雪氷対策作業時は作業車両の後続に交通渋滞が発生しやすくなり、お客様より改善を求める要望が多かった。

### 2-2. 車両位置情報システムを利用した取組

お客様からの改善要望を受けて、NEXCO中日本では、中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋が開発した車両位置情報システム（通称V P I S）を利用した独自の取組を行うこととした。

2014年度冬季よりNEXCO中日本全域にて導入されているV P I Sは雪氷車両の位置情報及び作業内容をリアルタイムで確認できるシステムである。

このV P I Sからの雪氷車両情報を利用し、リアルタイムに本線上の作業車両位置をお客様へ提供するシステム「除雪NAV I」を開発し、本線上の雪氷対策作業に対するお客様の利便性と安全性の向上、及び雪氷対策作業へのご理解・ご協力を図ることとした。

## 3. 除雪NAV Iの開発

### 3-1 提供方法

除雪NAV Iの情報は、多くのお客様へリアルタイムな情報を提供する必要がある。そのため、スマートフォンにて閲覧できる専用Web画面による情報提供方式のシステムを構築することとした。

この提供方法の効果・利点として、①24時間リアルタイムの情報提供が可能であること、②Web閲覧数を用いて利用頻度の統計ができるため効果の把握が容易に行えること、③Web内アンケート取得にて自主的では

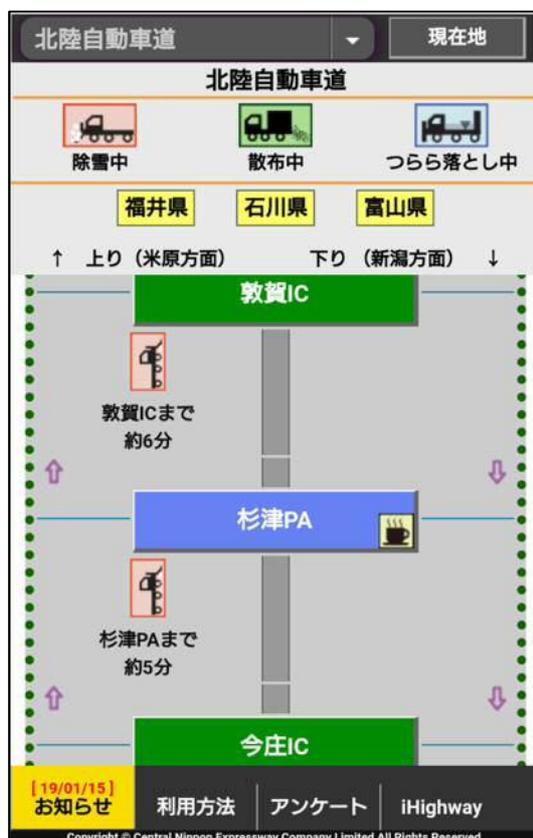
④専用端末を用意・設置する必要がないため、比較的安価にシステムを構築できること、が挙げられる。

### 3-2. システム開発

システム開発にあたり、スマートフォン市場の大半を占めているi P h o n e及びA n d r o i d端末で操作閲覧可能なもの、各路線毎（北陸自動車道、舞鶴若狭道等）で作業車両情報を確認できるもの、5分間隔での自動更新機能を備えリアルタイム性を保つものを目指した。

提供する作業車両情報は、「除雪作業」、「湿塩散布作業」、「つらら除去作業」のいずれかを行っている車両を対象とし、次に到着する施設（I C、S A、P A）までの予想到着時間を表示することにより、利用者が今から走行予定のエリアで行われている除雪作業内容及び時間を把握できるものとした。

また、メイン画面下部に、利用者に対しての「お知らせ」、「利用方法」、「アンケート」、「i H i g h w a y」ページへリンクするボタンを用意した。（画像-1）

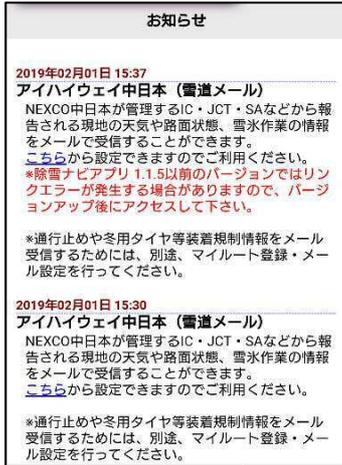


画像-1 メイン画面例

※1 中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋(株)

※2 中日本高速道路株式会社 金沢支社

「お知らせ」ページでは管理者が任意で登録したお知らせ文を利用者が確認できるものとした。(画像-2)



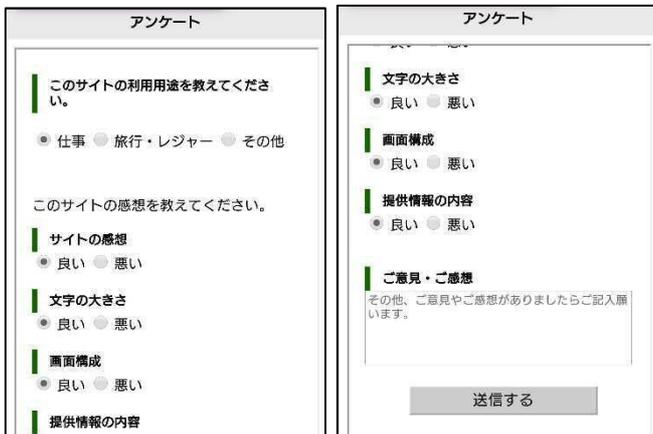
画像-2 お知らせページ画面例

「利用方法」ページではシステム利用方法の他、「除雪作業」、「湿塩散布作業」、「つらら除去作業」についての簡易説明を記載し、雪氷対策作業への認知度を高めるものにした。(画像-3)



画像-3 利用方法画面例

「アンケート」ページは利用者に任意入力してもらうことを考え、選択式のアンケート方式とした。(画像-4)



画像-4 アンケートページ画面例

また、「i Highway」ボタンからは、高速道路の交通情報を提供するサービス「i Highway 中日本」へ直接アクセスすることができるものとし、道路状況を把握したい利用者の利便性向上を図った。(画像-5)



画像-5 「i Highway 中日本」

### 3-3. システム広報

システム広報として広報用ポスター及びポップを作成し、各SA・PA及び各コンシェルジュにて掲示/配布による広報を行った。広報用ポスター及びポップにはWeb画面へ直接アクセスできるQRコードを掲載し、簡単にアクセス利用してもらえるよう配慮した。(画像-6)

また、googleやyahooにてリスティング広告を行い、サービスの広報強化に努めた。(画像-7)



画像-6 広報用ポスター



画像-7 リスティング広告例

## 4. 効果検証

### 4-1. サービス提供期間

2015年度冬季よりサービスの提供を開始し、アンケート集計等の意見を随時反映改良させながら、2018年度までの4年間の冬季期間（12月～3月）にてサービス提供を行った。

### 4-2. 年間利用者アクセス数（過去4年間）

導入初年度の2015年度は初アクセス数、総アクセス数ともに1万回に満たない結果となった。

しかし翌2016年度よりリスティング広告を開始すると飛躍的にアクセス数が増加し、初アクセス数は前年度の20倍以上、総アクセス数は前年度の10倍以上のアクセス数となった。更に2017年度には初アクセス数が3万回、総アクセス数は16万強まで伸びる結果となった。この結果より、リスティング広告はサービス広報として大きな成果が得られる広告であり、利用者増加に貢献したと推測される。

2018年度は前年度よりもアクセス数が減少しているが、前年度が北陸地区の記録的大雪であったこと、2018年度はその逆に暖冬であったことから、天候による利用機会の減少が少なからず影響したと考える。

しかしながら暖冬であっても一定のアクセス数を保持していたため、現在は多くの利用者に当サービスが認知浸透されたと推測される。（図-1）

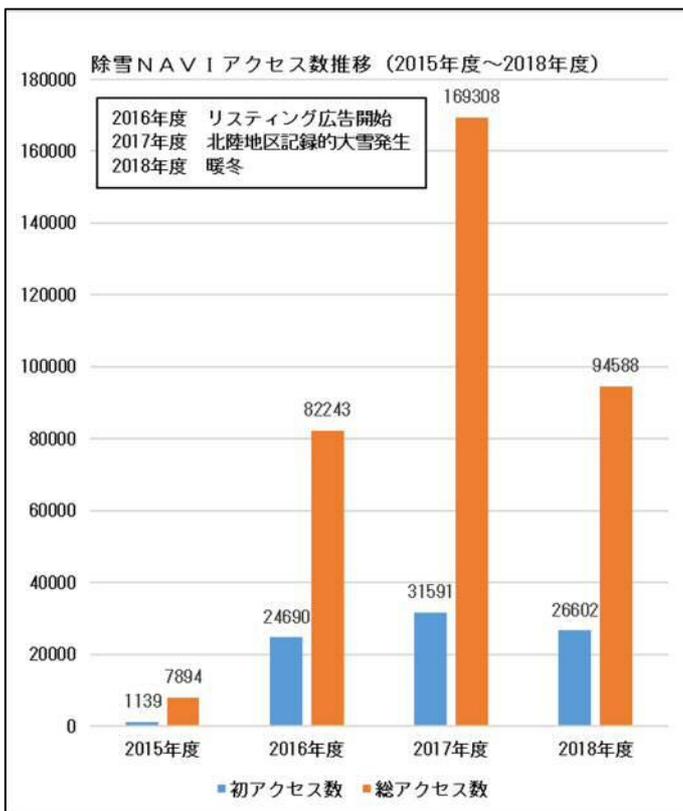


図-1 年間利用者アクセス数グラフ（過去4年間）

### 4-3. 日別アクセス数（最新2018年度）

日別アクセス数を見ると、初アクセス数、総アクセス数ともに除雪車の作業時間に比例して増加する傾向がみられた。これにより、除雪作業が多く行われている日に利用されていることがわかる。（図-2）

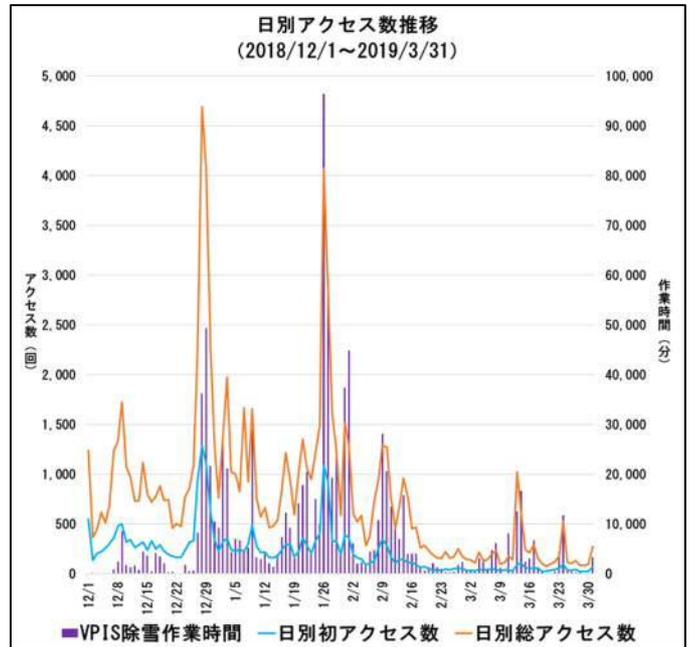


図-2 日別アクセス数グラフ（最新2018年度）

### 4-4. 時間帯別アクセス数（最新2018年度）

時間帯別アクセス数を見ると、全時間帯にて一定数のアクセスがあり、24時間を通して使われていることがわかる。深夜帯の0時～5時は平均アクセス数を大きく下回る傾向にあるが、通勤時間帯の6時～8時、昼休憩時間帯の12時台にはアクセス数が多くなる傾向がみられ、通勤前や昼休憩中にサービスを利用していると推測される。（図-3）

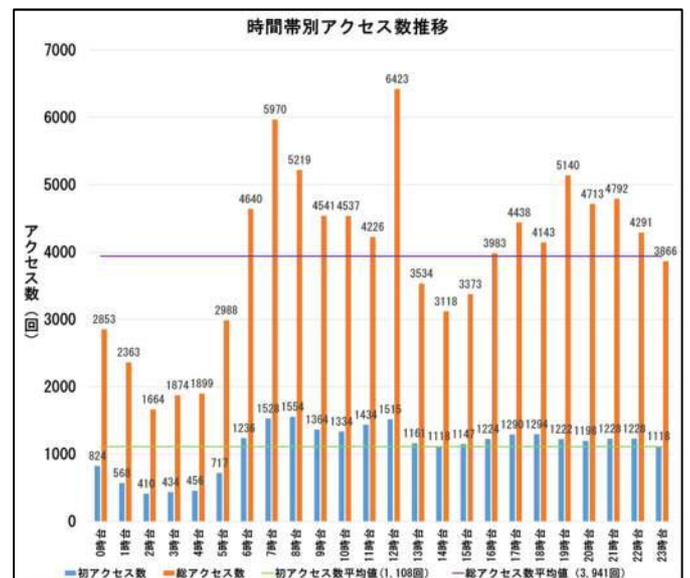


図-3 時間帯別アクセス数グラフ（最新2018年度）

#### 4-5. 利用者傾向 (最新2018年度)

初アクセス時に利用者情報(性別、年代、都道府県等)を入力していただき、それらの集計を行った。(画像-8)

画像-8 初アクセス時利用者情報入力画面

利用者年代別では男性50代、40代の利用が多く、過半数を占める結果となったが、各年代層にて利用者がいるため、老若男女問わずご利用いただけている。(図-4)

また、利用者都道府県別では全国的に利用者が確認でき、多くの地域の方にご利用いただけている。(図-5)

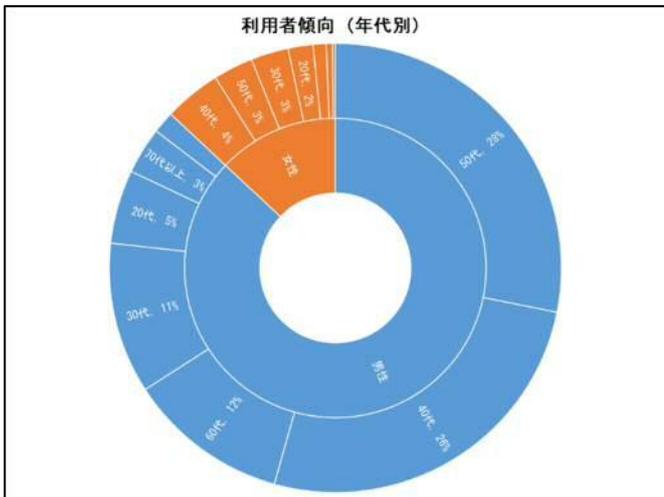
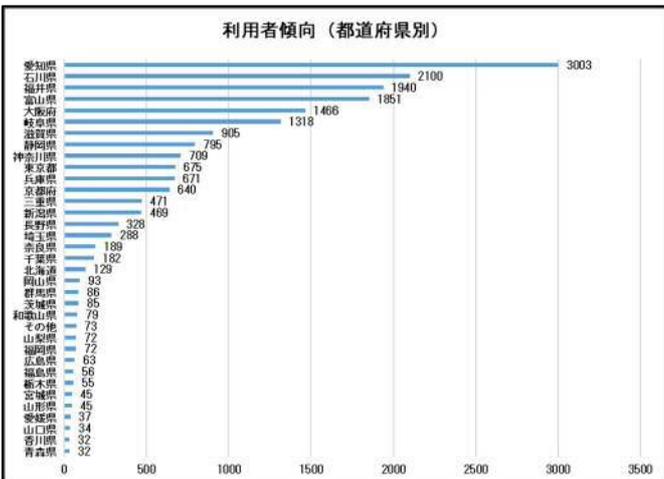


図-4 利用者傾向グラフ (年代別最新2018年度)



#### 図-5 利用者傾向グラフ (都道府県別最新2018年度)

#### 4-6. システム評価 (最新2018年度)

任意アンケートにてシステム利用時の「感想」、「文字サイズ」、「内容」、「画面表示」の四項目を「良い」、「悪い」の二択にて集計した。任意であったが376名から回答を得られ、各項目90%以上が「良い」とのご意見をいただいた。結果システム評価としては良い結果が得られている。(図-6)

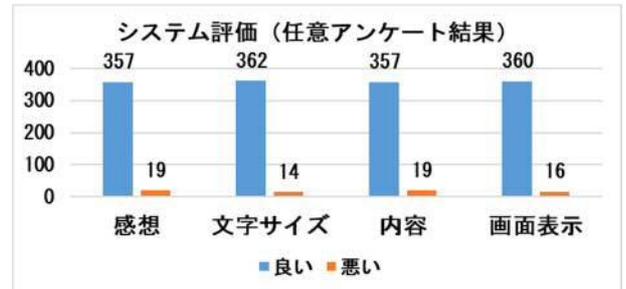


図-6 システム評価 (最新2018年度)

#### 5. 今後の展開

任意アンケートの改善意見として、「アプリ化」、「サービス路線拡大」の要望が多く見受けられたため、2019年度よりNEXCO中日本全路線の情報提供、及び2018年度はAndroidOS版のみ配信していたスマートフォン用アプリのiOS版配信を行うこととしている。アプリ版については、NEXCO中日本より利用者への簡易情報(チェーン装着喚起等)提供機能を設け、利用者への更なる安全啓発強化に努めていく。

#### 6. まとめ

効果検証より、①一定数の利用者を確保できたこと、②降雪量に比例して利用されていること③24時間通して利用されていること、④世代、地域問わず利用されていることがわかり、除雪NAVIは効果的な情報提供ツールであると思われる。

最後に、今後も、お客様の利便性と安全性の向上、及び雪氷対策作業へのご理解・ご協力を図れるよう、任意アンケートよりいただける利用者からの直接のご意見を参考に、より良いシステムへ改善検討していきたい。

# 橋梁塩害対策の効率的な手法に関する岐阜（保）の取組み

倉戸伸浩\*1

## 1. はじめに

東海北陸自動車道岐阜各務原IC～美濃IC間は供用から33年が経過しており、他の路線と同様、構造物の塩害が進行している。中でも、伸縮装置からの漏水による、桁端部や下部工の変状（写真1）が多数発生しており、早急な対策が求められる。



写真1 桁端部・下部工の損傷状況

背景として、東海北陸自動車道岐阜（保）管内では、年間1200 t程度の凍結防止剤（塩化ナトリウム）を散布しており、コンクリート構造物は著しい塩害環境下に置かれている。本来、散布された塩分は、構造物に浸透することなく、橋梁排水ますから排水されるが、伸縮装置の排水機能の不良や、床版防水が設置されていないことで、コンクリート内部に塩分が浸透し、濃縮され、塩害が進行している。

## 2. 現況と課題

### 2.1 変状数の増加

管内の構造物の変状数は、A2以上が桁端部434件、下部工・C-Box299件で急激に増加している。塩害進行の要因となる桁端部の漏水は、2018年度に種々の対策を緊急的に実施（写真2）したが、既に構造物本体に塩分が濃縮されており、今後も塩害の進行が想定される。（図1）



図1 上部工桁端部変状推移



写真2 ジョイント漏水緊急対策

### 2.2 対策検討状況と急激な進行

現在、橋梁の塩害対策は、桁端部等、劣化損傷が進行している部位を中心に、塩分量調査、補修検討を進めている。調査検討は、資料採取、塩化物イオン濃度分析（電位差滴定法）、拡散シミュレーションによる劣化予測を行い、3年以内に、亜硝酸イオン（NO<sub>2</sub><sup>-</sup>）と塩化物イオン（Cl<sup>-</sup>）とのモル比を0.8以上を確保し、防錆雰囲気形成できるように、損傷箇所毎に実施している。そのため、労力、時間、費用を要し、点検で損傷が確認してから本補修を実施するまで、少なくとも数年がかかる。緊急性の高いAA判定は、即時対応を行うが、それ以外、応急対策も実施しないことから、急激な劣化損傷に、対応できていない。

また、A2判定以下の損傷の場合、補修の優先度が低く、早い段階でA1以上に進行する可能性が高い。

### 2.3 対策工事の遅れ

岐阜管内では、塩害損傷箇所の設計ストック確保に力を入れてきており、現在、桁端部など、損傷が進行している箇所について、順次設計ストックを確保している。現在、計画的に工事实施に向け順次契約手続きを進めているが、不落等の影響で遅れている。また、橋梁上部工の補修の前提となる、床版防水工についても、対象数が多く、中々進まないのが現状である。

\*1 中日本高速道路(株) 名古屋支社 岐阜保全・サービスセンター

### 3. 課題解決の目標

課題解決にあたっては、設計ストックを確保し、体制強化のうえ、工事を推進していくことが大前提である。

但し、それだけでは限界があり、並行して、新技術や現場で実施可能な調査・補修の取組みを推進し、塩害損傷が進行した部位における鉄筋の腐食進行を遅らせる応急対策・延命対策、または軽微な損傷であれば、本補修まで完結させる。さらに、予防保全としての可能性を追求する。

将来的には、現地で対応できる補修体制を確立して、塩害による損傷数を、減少傾向にさせることを目指す。

### 4. 対策の実施

#### 4. 1 亜硝酸リチウム入りゲル状材料の活用(新技術)

中性化が進行している塩害環境下では、複合劣化が発生している。これに対し、効率的な予防保全対策工として、コンクリート表面に、防錆剤混入ゲルを塗布する工法が考案されている。今回、この方法の効果を検証し、現地における適用性を判断するため、試験施工を行った。

施工方法は、防錆剤（亜硝酸リチウム40%水溶液）とアクリルアミド系増粘剤を混合、ゲル状にして、ローラー塗布可能な状態に粘度を調整して、コンクリート表面に均等に塗布する。防錆成分（亜硝酸イオン）は、直ぐにコンクリート中に浸透し、複合防食によって生じた鉄筋の腐食を抑える防錆成分を、鉄筋付近に供給できる。複合劣化が進行したコンクリート構造物の劣化損傷を食い止める他、比較的健全な箇所では、予防保全の効果にも期待する。対策工の手順フローを図3に示す。

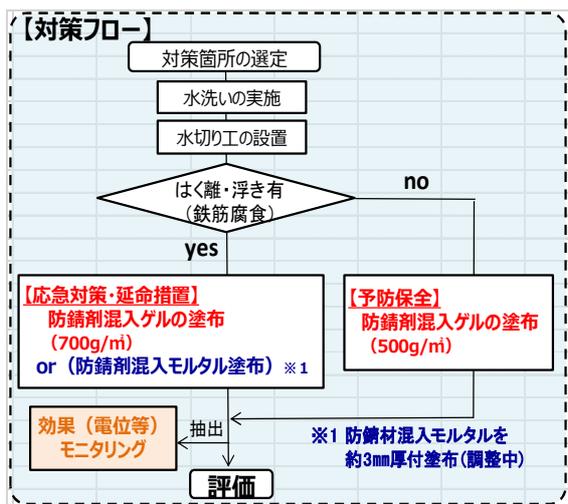


図3 亜硝酸リチウムゲル状材料 対策手順フロー

ゲルの塗布量は、コンクリートにはく離・浮きがある場合は、防錆材混入ゲルを750 g/m<sup>2</sup>、はく離・浮きが無い場合は、500 g/m<sup>2</sup>とした。なお、浮き・はく離のある場合、防錆材混入モルタルを約3mm厚で施工する方法についても検討中である。

防錆材混入ゲルの塗布により、亜硝酸イオン(N02-)は2価の鉄イオン(Fe2+)と反応して、アノード部からのFe2+の溶出を防止し、不動態皮膜(Fe2O3)として鉄筋表面に着床することで、鉄筋腐食反応を抑制する効果が想定される。今回、岩滝橋で実施した試験施工手順を、写真-3に示す。施工前には、水洗いによる塩分除去、水切り工設置による漏水対策を実施した。



写真3 亜硝酸リチウムゲル塗布の試験施工手順

#### 4. 2 簡易な断面補修方法の確立

コンクリート構造物の断面修復が必要な箇所において、はく落リスクがなく、比較的小規模で、塩化物イオンの浸透が限定的な場合、比較的容易に本補修まで完了できる手法を検討、試験施工を実施した。試験施工箇所は、岩滝橋下りA1で、0.2 mm程度のひびわれと軽微な浮きがあり、約30 cm四方、深さ約40 mmの箇所で行った。

今回提案する断面修復工は、カッター・チップによる脆弱部除去、塗布型浸透エポキシひびわれ補修材(AT380)、打継面を一体化すエポキシ樹脂接着剤(AT448)、施工性に優れたコテ仕上げ断面修復材(RISフィニッシュエース)、養生材(RISフルコート)からなる構成とした。(図4)



図4 簡易断面修復工の構成

また、今回の施工箇所において、事前に簡易塩分量調査を行った。(写真4)

補修箇所は、比較的塩分量が少ない箇所を想定している。塩分量が、鉄筋位置で2.0kg/m<sup>3</sup>を超過するレベルの場合、更なる対策が必要で、留意が必要なる。

簡易塩分量調査とは、ドリルで粉体を採取、ガス検知管を用いて、現地で塩分濃度を測定するものである。簡易な試験ではあるが、概略判断として十分に活用でき、水洗い箇所の効果確認にも使用している。今後、簡易断面修復工の適用を判断する際の必須作業として、有効と考える。



写真4 簡易断面修復工施工箇所の簡易塩分調査

今回の断面修復工は、厚付け・急硬性・コテ仕上げが容易な材料であること。この施工上の優位性を確保しつつ、品質面、再劣化のリスクがないかなど、品質を検証し、今後の補修方法として妥当か検証する。施工方法は、維持修繕業務において、ポットホール補修と同様、保全補修工（人力施工4名体制）での施工が考えられる。また、一般工事発注においても、条件が整えば、十分に実施可能な方法として、想定できる。

## 5. 対策の効果

### 5.1 亜硝酸リチウム入りゲル状材料

今回、東海北陸道岩滝橋上りA1で試験施工を実施した。2019.1塗布状況及び2ヶ月後の浸透状況を写真-5に示す。

亜硝酸リチウム入りゲル状材料は、想定どおり、中性化が進行した領域まで、浸透している状況が、外観調査から確認された。過去の報告論文1)において、中性化領域まで、約1ヶ月程度で防錆成分が浸透していることが報告されている。また、中性化領域よりも深い位置にも、徐々に浸透、濃縮され、防錆雰囲気形成されることが想定されていることから、本試験においても浸透状況の確認を行う。



写真5 岩滝橋上りA1ゲル塗布状況

今後、対策効果を検証する方法として、鉄筋の腐食状況を調査する。自然電位を定期的に測定、鉄筋の腐食状況を確認することとした。

今回、効率的に電位を計測するため、チタンワイヤセンサを用いることとし、2019.5.13初期値を計測、継続監視している。（写真6、表1）



写真6 自然電位計測（チタンワイヤセンサ）

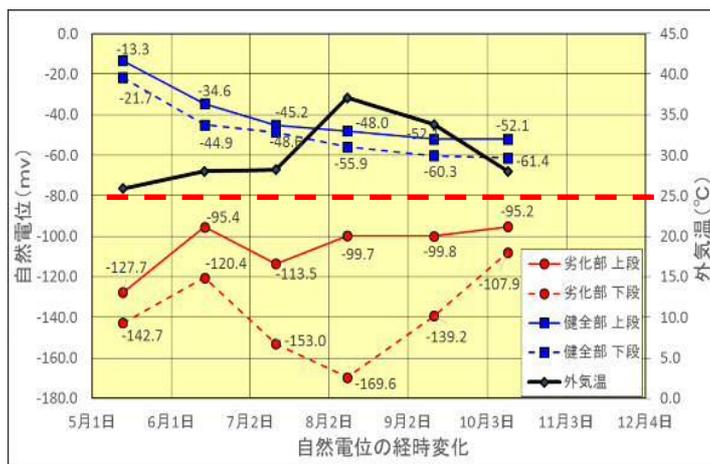


表1 岩滝橋上りA1劣化部チタンワイヤセンサ電位計測

劣化部において、ゲル塗布後、僅かではあるがプラス方向で電位の変化見られ、劣化損傷は改善傾向である。90%以上の確率で腐食なしといえる目安（自然電位 -80 mV）に近づいている。但し、その効果が少ないのは、夏期の高温の影響が考えられ、今後、長期にわたり検証を進めて行く必要がある。また、健全部においては、自然電位は鉄筋の腐食領域にはないが、マイナス方向で推移していることから、その要因を検証する必要がある。

施工性は、現地における材料調合から、ローラーによる塗布まで、2～3名体制で比較的容易に施工が可能である。高所作業車や検査路上から施工となるが、水洗い等の準備作業を行えば、施工性に優れ、従来本補修着手まで対応できなかった損傷に対し、即時性の高いメンテナンスが可能となる。

今後、効果検証は進めていくが、塗布されたゲル状材料は、早い段階でコンクリート内部に浸透していると推察され、鉄筋の腐食効果が確認できれば、塩害損傷箇所における応急対策・延命対策、及び予防保全対策として、有効な方法として期待できる。

### 5.2 簡易断面修復工

今回、東海北陸道岩滝橋A1橋台前面の軽微な損傷箇所で、維持修繕業務の保全補修工で試験施工を実施した。

従来から実施している、コンクリート舗装の補修（樹脂コンクリート）と比較し、施工工程が多く、若干煩雑にはなるが、断面修復材の施工性は良く、30cm四方の施工で、1時間弱で断面修復工の作業は完了できた（養生材は別途）。なお、3ヶ月後の状況も良好で、ひびわれ等変状はみられない。（写真7）



写真7 岩滝橋下りA1簡易断面修復工施工状況

なお、事前の塩分濃度調査では、止水対策は完了していたものの、過去の塩分供給により、蓄積されていたことから、鉄筋位置で、 $2\text{kg}/\text{m}^3$ 以上の塩分量が確認された。塩分量が比較的多い箇所での補修方法としての妥当性、再劣化のリスクを検証していく必要がある。

今後、簡易断面修復工の施工が可能な条件を、検証・整理することで、従来の補修工事で行う施工方法との併用が可能と考える。簡易断面修復工は、スピードや費用面でも有利であることから、補修が進まない現状を打開できる方策として、期待できる。

## 6. 今後の課題と方策

省令点検の1順目が終了し、点検のレベルが向上したことから、損傷数が飛躍的に増加しているが、塩害補修に関しては、設計ストックを確保し、ようやく抜本的な補修に取りかかったところである。

また、東海北陸道では、橋梁桁端部や張出部の補修を進めるにあたり、前提となる防水工の施工を促進しなければならない。

今後、補修体制を強化していく必要があるが、現地で行えることを考え、点検で損傷が見つかったら、損傷レベルを速やかに把握し、応急補修や延命対策、予防保全に繋げる対策を検討し、今回提案したものである。

亜硝酸リチウムゲル状材料については、事前の水洗い処理が必要で、雨水の影響を受けやすく、効果検証を待たないといけないなどの課題がある。

簡易断面修復工は、塩分量等、現地における適用性の判断を、閾値を決めて整理する必要があり、維持修繕業務で行う場合には、グループ契約上の整理も必要である。しかし、それらの課題をクリアして、早期に対策を講じなければいけない時期にきているのは明らかで、1つずつ、課題を整理しながら、実行していくつもりである。

## 7. おわりに

岐阜（保）管内においても、構造物の塩害損傷は、深刻なものになりつつあり、過去に、ジョイントからの漏水等を見逃してきたつげが回ってきている。

今回の提案した、2種類の方策について、これらを実行していく、NEXCO社員の他、維持修繕業務や点検を実施する実務担当者が、その内容を十分理解し、現地で確実な判断ができることが重要である。そのためには、今後、塩害損傷に関する知見・技術を勉強し、関係者全体で、スキルアップを図ることが重要であり、実行していきたい。

## 参考文献

- 1). 青山寛伸、有馬直秀、宮口克一、宮里心一  
「防錆剤混入ゲル塗布材からコンクリート中への防錆成分の浸透性」コンクリート工学年次論文集 Vol140, No.1, 2018
- 2). 中日本高速道路株式会社 「設計要領第二集 橋梁保全編」（平成29年7月）

# 北海道における再生可能エネルギーを利用した歩道融雪の可能性検討

大川戸 貴浩<sup>※1</sup>、藤野 丈志<sup>※2</sup>

## 1 はじめに

我が国を訪れる訪日外国人観光客数は順調に目標をクリアしてきており、2020年には4,000万人とする目標も掲げられている。目標達成のためには北海道が果たす役割も大きく、夏期に比べて減少する冬期の観光客増加が課題となっている。しかしながら、冬道に不慣れな外国人観光客にとって、積雪や凍結路面の歩行は、転倒によるケガの危険性も高いと考えられる。また、札幌市における雪道の自己転倒による救急搬送数(図1)は、近年1,000人を超える状況が続いているなど、観光面、生活面からも安心・安全な冬期歩行空間の確保が重要である。

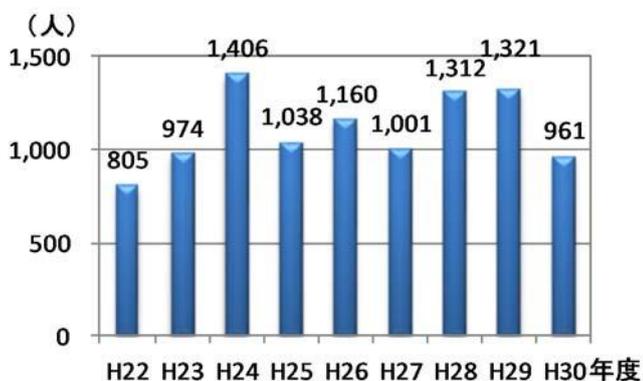


図1 札幌市の「雪道の自己転倒」に伴う救急搬送状況

一方で、スタッドレスタイヤの使用が広がるのに伴い、北海道では非常にすべりやすい路面、いわゆる「つるつる路面」が発生し問題となった。この対策として、高い融雪能力を発揮することが出来る電熱による融雪施設が主に整備されたが、施設の増加に伴い電気料金などの維持費が急激に増加し、財政を圧迫することとなり、一部運転を停止する事例も増えている。

以上を踏まえ、これまで北海道で広く整備されてきた電熱やガス・灯油などのボイラーを使用した施設ではなく、維持費の安価な再生可能エネルギーを利用した融雪施設の北海道の歩道への適用可能性について実験・検討を行った結果を報告する。

## 2 再生可能エネルギー利用融雪施設を北海道の歩道に展開する際の課題

### 2.1 必要熱量の算出に関する課題

現在、道路融雪設備を整備する際の設計基準としては、「2005 除雪・防雪ハンドブック」、「路面消・融雪施設

等設計要領」があり、北海道で使用している「北海道開発局道路設計要領」を含め、道路融雪の必要熱量の算出に関しては概ね同様の設計方法となっている。これらに基づいて計算すると、例えば函館における必要熱量は $199.0 \text{ W/m}^2$  (気象データ統計年度 1996~2015 (12月~3月))となる。また、札幌では $210 \text{ W/m}^2$ 程度となる。融雪施設の設計熱負荷の条件設定として、上村<sup>1)</sup>は「熱負荷の統計的発現頻度をどこまでカバーするか」、「何時間以内に無雪状態にするか」、「無雪状態をどう定義するか」などの論点があると述べており、提供する路面管理水準をどの様に設定するかで、必要熱量は異なるとしている。車道と歩道では、安全な交通確保のための路面管理水準には違いがあるので、それぞれに必要な熱量の条件設定を検討する余地があのではないかと考えられるが、現在の設計基準では、車道と歩道に違いが無く、同じ必要熱量を用いている。

### 2.2 再生可能エネルギーで対応可能な熱量

現在、日本各地で用いられている再生可能エネルギーによる融雪施設が対応している熱量は、温泉熱を除くと地下水熱ヒートポンプ、地中熱ヒートポンプなど、ヒートポンプを使用した工法では $200 \text{ W/m}^2$ を超える必要熱量にも対応できるが、地下水熱、地中熱だけでは現在の設計基準に基づく必要熱量を確保することは困難な状況である。本研究で試験を行った地中熱ヒートパイプ方式は、本州では広く施工事例があるものの、低い傾向にある地中温度と高い必要熱量から、北海道では施工事例がほとんどない状況である。

## 3 実験施設の概要

実験施設は、2016年11月に北海道北斗市に設置した。施設概要は以下のとおりである。

設置場所：北海道北斗市

設置年月：2016年11月

融雪方式：地中熱ヒートパイプ方式

融雪面積： $W 1.2 \text{ m} \times L 2.0 \text{ m} = 2.4 \text{ m}^2$

採熱井戸：20 m  $\times$  2本

ヒートパイプ：22 m (放熱部2 m、採熱部20 m)  $\times$  6本

施工状況を写真1に示す。融雪能力を解析するため、実験施設には温度測定用の熱電対とデータロガーを設置(図2参照)した他、融雪状況の観測用にタイムラプスカメラを設置し10分間隔で撮影を行った。

※1 一般社団法人北海道開発技術センター 調査研究部

※2 株式会社興和 水工部



写真 1 実験施設施工状況

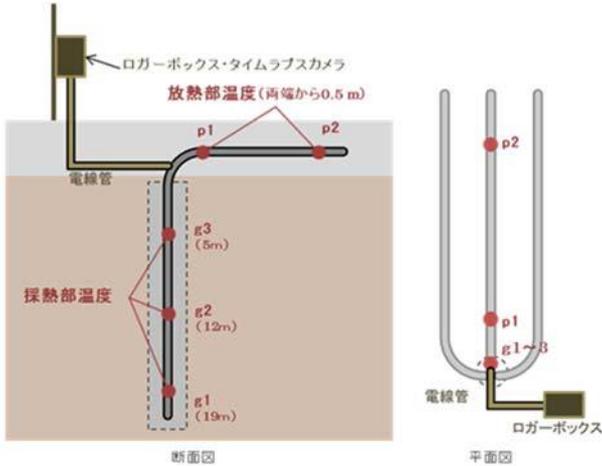


図 2 観測施設設置状況

なお、本実験で採用している地中熱ヒートパイプ方式の特徴は以下のとおりである。

- ・地中（採熱部）から舗装（放熱部）までヒートパイプを埋設することで、地中熱を舗装に伝え、舗装を温めて融雪や凍結防止を行う。
- ・舗装温度よりも地中温度が高い時だけ作動するため、効率的に地中熱を利用できる。
- ・動力なしで地中熱が運ばれるため、電気料金などの費用がかからない。
- ・機械設備が無いためメンテナンスが不要

## 4 実験結果

### 4.1 放熱能力分析

3 冬期における観測期間中の一部について、採熱部温度、放熱部温度、気温、風速及び時間降雪深（アメダス函館）、推定路面温度、推定放熱量、積雪状況を図 3～5 に示す。放熱部が積雪状態になっている時の放熱量はどの年も概ね  $130 \text{ W/m}^2$  であり、3 冬期ともほぼ同じであった。2018 年 1 月 24 日に約  $130 \text{ W/m}^2$  を出力していた時間帯の路面状況を写真 2 に示す。この日は、日中に  $2 \sim 5 \text{ cm/h}$ （現地での実測値）の降雪が続き、気温は夕方にかけて  $-6^\circ\text{C}$  前後から  $-10^\circ\text{C}$  程度まで冷え込む比較的厳しい気象条件であった。11 時～12 時と 12 時～13 時の間に、それぞれ約  $2 \text{ cm}$  の降雪があったものの、13 時の時点では融雪部がほぼ露出しており、凍結もしていない状況であった。その後、13 時～14 時の間に約  $5 \text{ cm}$  の降雪があり、ヒートパイプの直上だけが融けている状況となった。14 時～15 時の間は約  $2 \text{ cm}$  の降雪が

あったが、15 時の時点で積雪状況は大幅に改善され、凍結もしていない状況であった。

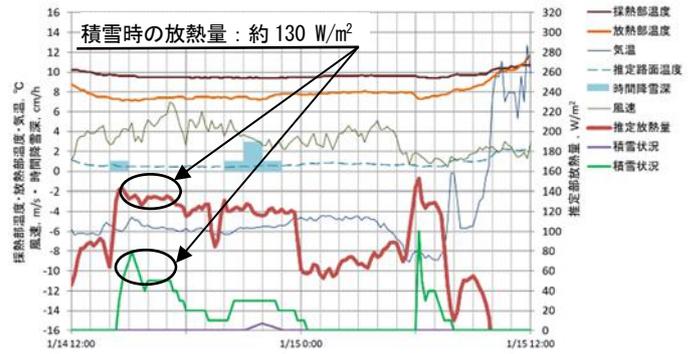


図 3 積雪時の推定放熱量 (2017/1/14~1/15)

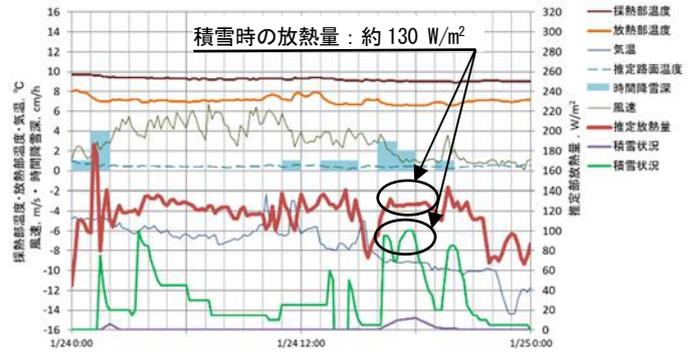


図 4 積雪時の推定放熱量 (2018/1/24)

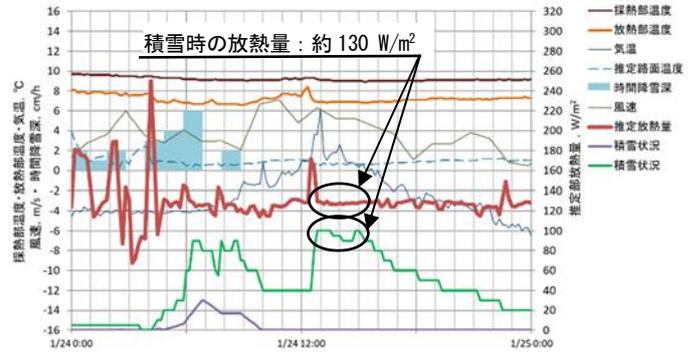


図 5 積雪時の推定放熱量 (2019/1/24)



写真 2 厳冬期降雪時における融雪部の路面状況

### 4.2 冬期放熱量の変化

冬期間を通した放熱量の変化について 2017 年度冬期を例に図 6 に示す。本施設の特徴でもあり、放熱量は気温や降雪状況等によって自然に制御され常に変化しているが、降雪時に着目すると、シーズン当初には  $180 \text{ W/m}^2$  であった放熱量が、1 月以降は概ね  $130 \text{ W/m}^2$  となり、その後はシーズン終盤まで同程度の出力が確保されていることが確認された。

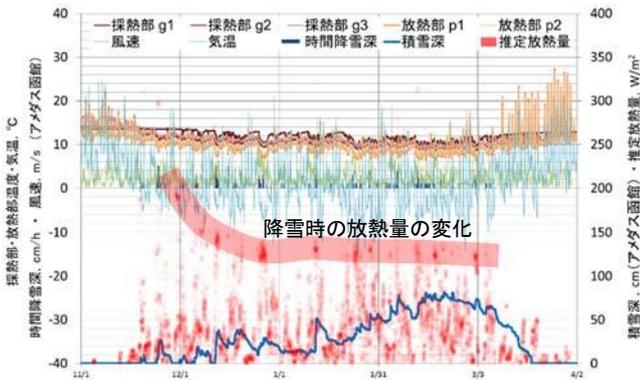


図 6 冬期間の気象状況と放熱量の変化（2017 年度）

### 4.3 融雪状況

融雪部と非融雪部の積雪状況を、10 分間隔で撮影したタイムラプスカメラ映像から比較を行った。図 7 に示すように融雪部と非融雪部を 20 メッシュに分割し、すべてのメッシュが積雪となっている場合を全体積雪、一部のメッシュが積雪となっている場合を一部積雪とし、それぞれの時間を積雪時間とした。

融雪部と非融雪部の積雪時間の比較結果を図 8 に示す。各年ともに、非融雪部に対して融雪部の積雪時間は 7 % ~ 17 % まで大幅に減少しており、十分な融雪効果を得ていたことが分かった。特に全体積雪となる時間は短く、最も降雪の多かった 2017-2018 の冬期間でも 38.3 時間（非融雪部の約 3 %）となっていた。



図 7 タイムラプスカメラ画像と融雪状況判定メッシュ



図 8 3 冬期にわたる融雪部と非融雪部の積雪時間の比較

### 4.4 地中温度の変化

図 9 に、2016 年度に施設を設置して以降、2 冬期を経過した 2018 年度夏期までの採熱部温度（GL -5 m、GL -12 m、GL -19 m）の変化を示す。2016 年度冬期に比べて、2017 年度冬期は降雪量が多いなど、放熱量が多くなったことから、採熱部温度は全体的に 1℃程度低下した。また、夏期の温度回復については、2017 年に比べて 2018 年は浅い部分で 1 ヶ月程度遅れていた。しかしながら、図 10 に示す 2016 年 11 月～2019 年 3 月まで 3 冬期を経過した採熱部温度の変化（GL -12 m と GL-19 m の平均）を見ると、冬期は降雪や気温等の気象状況の変化に合わせて採熱部温度も日々変動しながら低下しているが、放熱しない春から秋にかけては、ほぼ同じペースで上昇しており、冬期前には前年の温度まで完全に戻っていることが分かった。

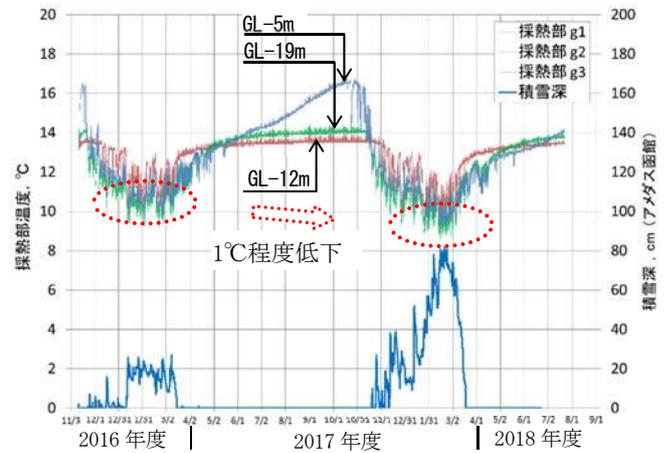


図 9 採熱部の温度変化状況（2016/11～2018/7）

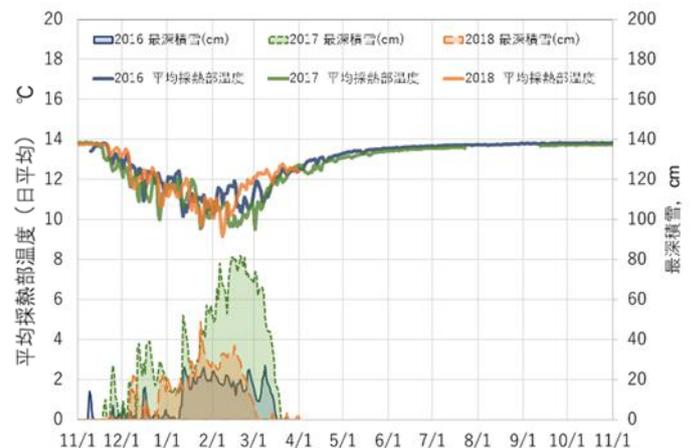


図 10 通年の採熱部温度変化（2016 年 11 月～2019 年 3 月）

## 5 実験結果のまとめ

本実験は、北海道の歩道に再生可能エネルギーを利用した融雪施設の整備を進めるための新たな考え方を検討するための基礎実験を行ったものであり、2016 年度から 2018 年度の 3 冬期に渡る実験結果を取りまとめた。

放熱量は 3 冬期ともシーズン終盤まで概ね 130 W/m<sup>2</sup>

を確保しており、本実験施設の放熱能力は  $130 \text{ W/m}^2$  であることが分かった。この放熱能力は、現在の設計要領等で必要とされる熱量、約  $200 \text{ W/m}^2$  の 65% 程度であるが、本実験施設の融雪部と非融雪部における積雪時間を比較したところ、非融雪部に比べて融雪部の積雪時間は 7%~17% に短縮されており、降雪時間と比較しても、大雪であった 2017-2018 の冬期間の降雪時間 290 時間に対し、全体積雪時間は 13 % の 38.3 時間まで大幅に短くなっていた。なお、2017 年の厳冬期に現地を目視による観測を行った際には、降雪があり気温が  $-6^\circ\text{C}$  の状況でも、一時的に積雪状態にはなったものの、路面は凍結していない状態であった。

採熱部である地中の温度変化については、冬期間は降雪や気温低下などの気象状況に応じて、日々放熱を繰り返して低下するが、春から秋にかけて回復し、冬期前には実験を開始する前の温度に回復していた。そのことから、継続的に融雪・凍結防止効果を発揮できると考えられる。

以上の結果から、北海道においても再生可能エネルギーを利用した歩道部への融雪施設導入の可能性はあると考えられる。

## 6 今後の課題

今後歩道を対象とした施設整備を検討する上での課題について整理する。

現在の設計要領等による設計時の考え方については主に以下の通りとなっている。

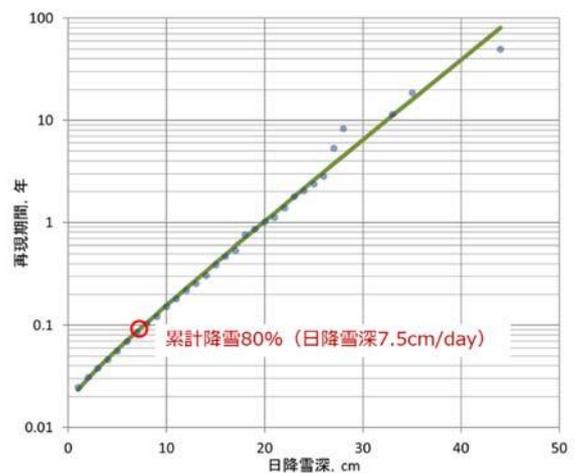
- ・熱負荷の統計的発生頻度の累積相対値の 80% をカバーできるように必要熱量を設定
  - ・対象降雪強度は最大積雪深後 3 時間の平均時間降雪深（降雪後数時間以内に雪を融かす）
  - ・路面状態は、全体にうっすらと雪が残る状態を許容
- これらの条件について、歩道を対象とした場合には、対象箇所特性によっては、全てをクリアする必要があるのか検討する必要があると考えられる。また、他の考え方を導入することにより、施設的能力を設定することについても検討する必要があると考えられる。

例えば、図 11 は実験施設を設置した北斗市に隣接した函館市のアメダスによる日降雪深の再現期間を示したものである。本地域の日降雪深の累積相対頻度 80% 値は  $7.5 \text{ cm/day}$  となっており、この値を設計値とした場合、再現期間の 0.09 年にあたり、これは年に 11.1 日は残雪することを意味する。つまり、本地域の平均降雪日数が 53.4 日であることから、概ね 42 日はカバーできることになる。図 12 は許容する残雪深と残雪時間による検討例である。前述のとおり、本施設の放熱能力は  $130 \text{ W/m}^2$  程度であるが、歩道であることから残雪深を 10 cm 以上にはしないと

設定した場合、 $96 \text{ W/m}^2$  の能力で年間の残雪時間は 3 時間程度となり、より小さな放熱量でもいいのではないかとこの考え方でもできる。

以上のように、歩道部を対象とした融雪施設の設計において、設計時間降雪深だけにとらわれず、対象とする融雪箇所を提供すべき路面のサービス水準を検討することで、ある程度必要熱量を軽減できる余地ができる。低出力でも適切な路面サービスレベルを提供できる効率的・効果的な歩道融雪施設を設計することで、高い熱出力を得ることが難しい再生可能エネルギーを利用した融雪施設の導入が北海道でも可能となると考えられる。

今後は、道内他地域での実験を行うとともに、融雪対象箇所各々のサービスレベルを検討する際の分かりやすい考え方について検討したいと考えている。



(アメダス函館 1987 年~2017 年の日降雪深再現期間)

図 11 降雪深の再現期間による検討例

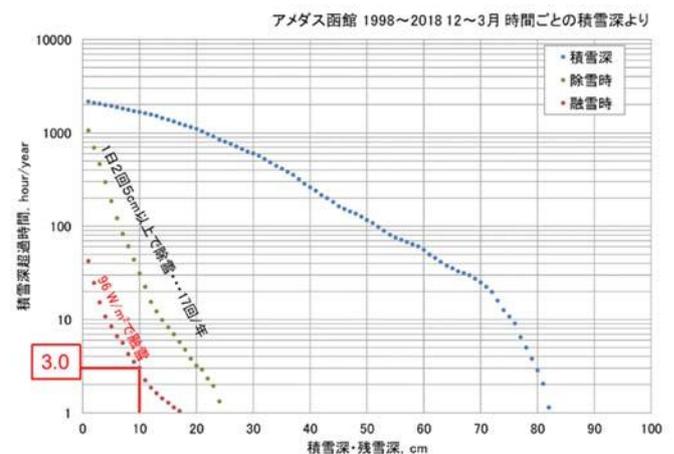


図 12 残雪深と残雪時間による検討例

## 7 謝辞

本実験施設の施工及び観測にあたり、函館開発建設部、函館道路事務所の皆様に多大なる協力をいただきました。この場を借りて感謝申し上げます。

## 8 参考文献

- 1) 上村靖司, 2015: サービス水準と経済性が調和する熱設計の考え方, 日本雪工学会誌, Vol. 31(2)

# 下向き短波放射と雪面の反射率が空撮図化に及ぼす影響

高橋浩司\*1 長沼芳樹\*1 白川龍生\*2

## 1. はじめに

積雪面は、降雪直後から気温の変化や日射、風の影響等により状態が刻々と変化する事がわかっている。本研究では、空撮図化を行う際の雪面の状態と気象データの関係性に着目し、検討を行うこととした。特に撮影時の輝度に影響を与える日射（下向き短波放射）および雪面での反射率（albedo）が図化に最も影響があるものと考え、北見工業大学グラウンド敷地内で継続観測を行っている気象データを入手し、空撮図化結果と比較することで、適する条件および精度の検討を行うものである。

## 2. 概要

これまで斜面や平坦地にて積雪深や吹きだまり量の分布等を把握する際には、現地で積雪観測のような直接的手法で行われることが多く、広範囲な調査領域を面的に把握することは困難であった。

一方、山岳地域等の大規模な斜面においては、実機による航空レーザ測量のような間接的手法を用いて、広範囲に面的な測定事例があるものの、高コストなため数多くある道路脇斜面等の施設管理には適していないのが現状である。

本研究では、近年低コストかつ特殊技術を必要としない UAV (Unmanned aerial vehicle) および SfM (Structure for Motion) を活用し、積雪面の空撮図化に関する検討を行ったものである。

撮影時期については、雪面の状態が異なる 2~3 月、撮影場所は、北見工業大学グラウンドで、平坦地~勾配 25° 程度の法面がある約 40m×15m 程度の範囲を選定した (写真-1)。

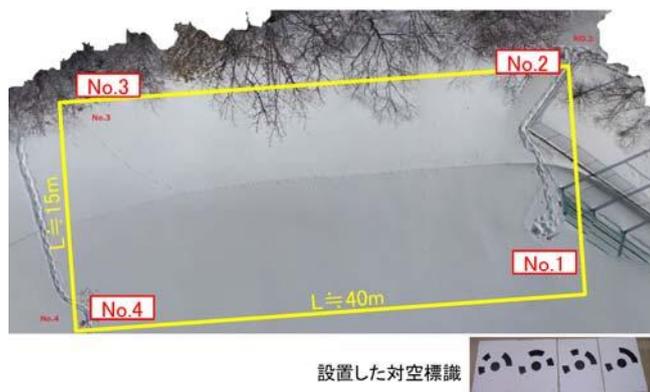


写真-1 観測箇所(上空より撮影)

## (1) UAVによる空中写真撮影

使用したUAV機体は、DJI Phantom4 Pro、カメラは純正で、1inch CMOSセンサー、総画素数2,000万画素、レンズ焦点距離24mm(35mm判換算)、視野角84°である。撮影画像は、JPEG形式(24bit)で記録した。撮影方法は、自動航行による俯瞰撮影を基本とし、手動航行による45°斜め撮影をあわせて実施した。自動航行ソフトウェアはDJI GS Pro ver. 1.8.5を使用し、撮影画像のオーバーラップ率は「UAVを用いた公共測量マニュアル(案) H29.3国土交通省国土地理院」を参考に80%以上とし、対地高度30mを維持するよう設定した。撮影時には、4地点で地表面まで除雪を行い、対空標識を設置し、あわせて実測にて積雪深計測を行った。

## (2) SfM解析および点群処理

UAV撮影画像を使用してSfM解析を行い、オルソ画像およびDSM(Digital Surface Model)を作成した。SfMソフトウェアにAgisoft Metashape Ver. 1.5.1、断面図を作成する上での3D点群処理システムについては、福井コンピュータTREND-POINT Ver. 6を使用した。横断面作成の際、抽出条件として距離0.010m角度1度で平滑化を図った。

## 3. 気象観測結果

気象観測装置(短波放射)を写真-2、気象観測結果を表-1、表-2に示す。



写真-2 気象観測装置(短波放射計測)

表-1 気象観測結果

日時	CASE	開始	終了	天気	気温(°C)	最大風速(m/s)	雪面付近の雪質
2019/2/14	214(10)	10:04	10:09	晴	-10.4	1.3	新雪
	214(12)	11:58	12:03	曇	-9.0	1.3	新雪
	214(14)	13:59	14:04	曇	-7.9	1.7	新雪
2019/3/14	314(10)	10:01	10:06	曇	-0.2	1.4	新雪
	314(12)	11:57	12:02	雪	0.4	2.5	新雪
	314(14)	13:53	14:01	雪	-0.1	2.7	新雪
2019/3/26	326(10)	10:05	10:11	晴	3.7	2.1	ざらめ
	326(12)	11:50	11:55	曇	8.7	2.1	ざらめ

\*1 (株) 構研エンジニアリング \*2 北見工業大学

2月14日および3月14日については、気温は概ねマイナスで、どちらも観測前日に降雪があったため、雪面付近の雪質は「新雪」となっている。一方、3月26日については、融雪期であったことから気温はプラスで、雪質は「ざらめ」となっていた（写真-3参照）。

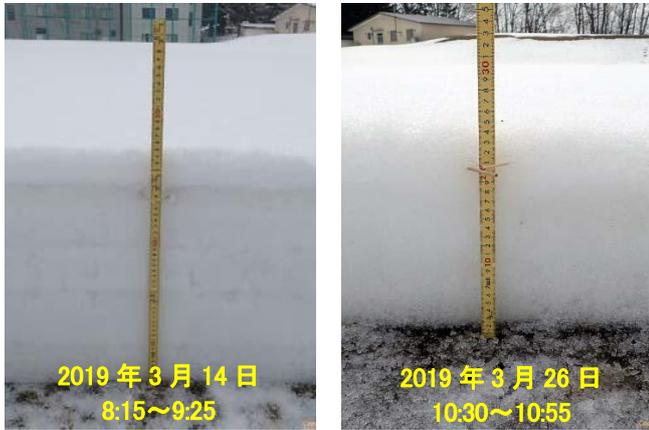


写真-3 積雪断面観測

また、各撮影の時間帯に観測した下向き短波放射と albedo<sup>\*</sup>の平均値を表-2 に示す。

<sup>\*</sup> Albedo = 上向き短波放射 / 下向き短波放射

(1) albedo

2月14日および3月14日の albedo は、雪面付近の雪質が「新雪」であったことから 0.8 以上と高い値を示す（参考：地球全体の albedo は概ね 0.3 とされている）。一方、3月26日の albedo は、雪面が「ざらめ」であったことから 0.6 前後と低い値を示している。

(2) 短波放射

下向き短波放射に着目すると、天候が晴れであった CASE : 214(10)および 326(10)が 479.4, 776.2W/m<sup>2</sup> と高く、その他のケースについては、天候が曇りまたは雪で 204.8 ~406.7W/m<sup>2</sup> と低い値を示している。

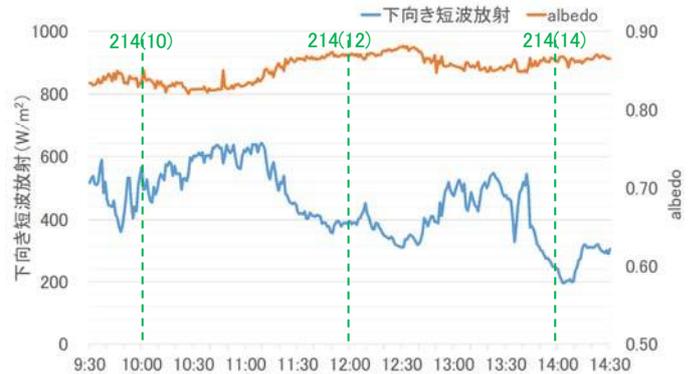
図-1 に各観測日の下向き短波放射と albedo の推移を示す。Albedo については、2月14日および3月14日は、10時から14時頃までのデータであるが、概ね一定の値を示している。一方、3月26日については、短波放射に合わせて短時間で大きく変化しており、雪面付近の雪面が「ざらめ」だったことが影響しているものと考えられる。

短波放射については、天候に左右されることから、撮影地点の太陽高度、雲量等が大きく影響しているものと考えられる。特に3月26日の短波放射は10:40頃から極端に低い値となっており、天候の変化が影響したものと考えられる。

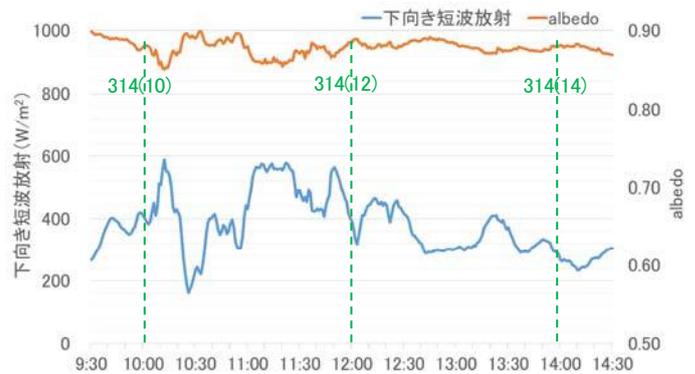
表-2 下向き短波放射と albedo

日時	CASE	albedo <sup>*</sup>	下向き <sup>*</sup> 短波放射	天気
2019/2/14	214(10)	0.837	542.3	晴
	214(12)	0.870	407.7	曇
	214(14)	0.867	241.2	曇
2019/3/14	314(10)	0.877	478.7	曇
	314(12)	0.885	401.2	雪
	314(14)	0.880	275.9	雪
2019/3/26	326(10)	0.597	721.4	晴
	326(12)	0.678	204.8	曇

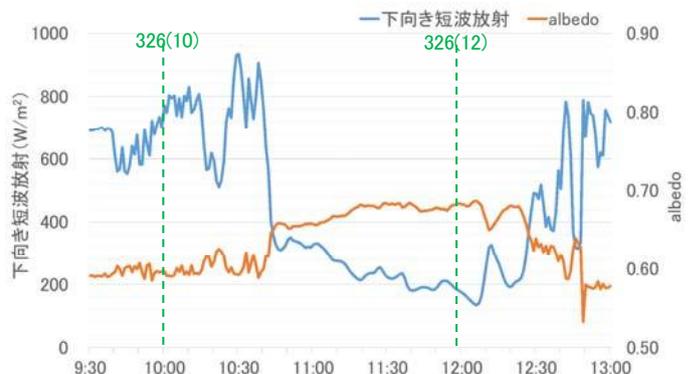
※ 撮影時間内の平均値



[2019年2月14日観測]



[2019年3月14日観測]



[2019年3月26日観測]

図-1 短波放射と albedo の推移(3月26日)

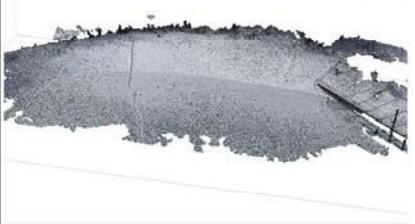
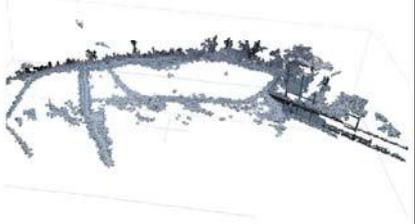
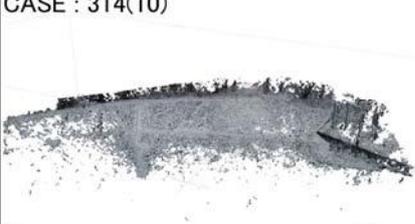
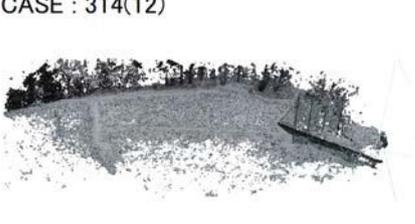
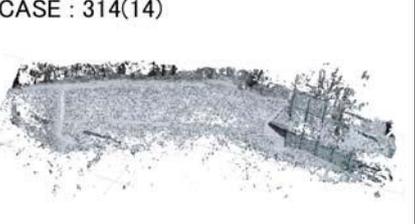
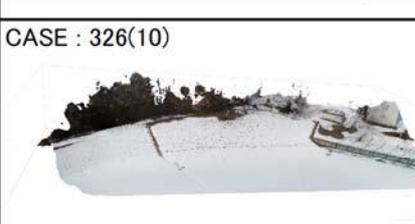
	10:00	12:00	14:00
2月14日	CASE : 214(10) 	CASE : 214(12) 	CASE : 214(14) 
3月14日	CASE : 314(10) 	CASE : 314(12) 	CASE : 314(14) 
3月26日	CASE : 326(10) 		

図-2 SfM 解析結果

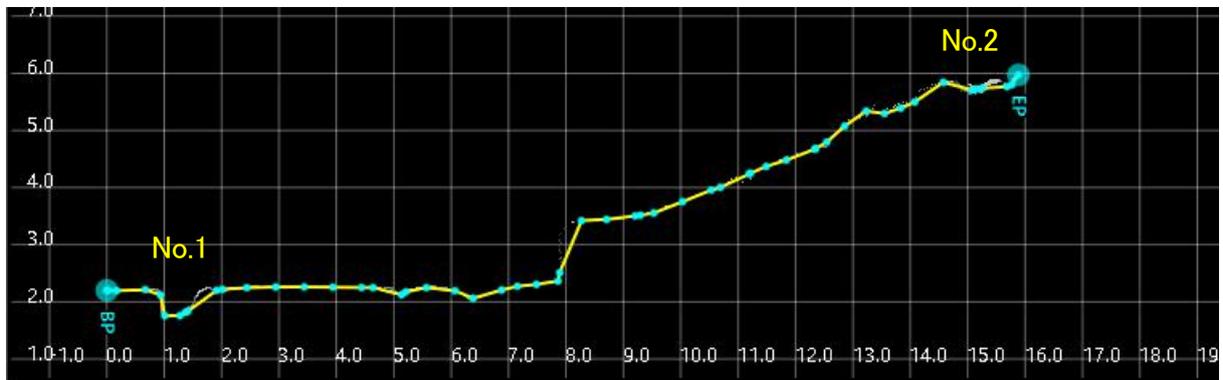


図-3 図化データより作成した横断面図 [214(10)]No. 1-2 断面

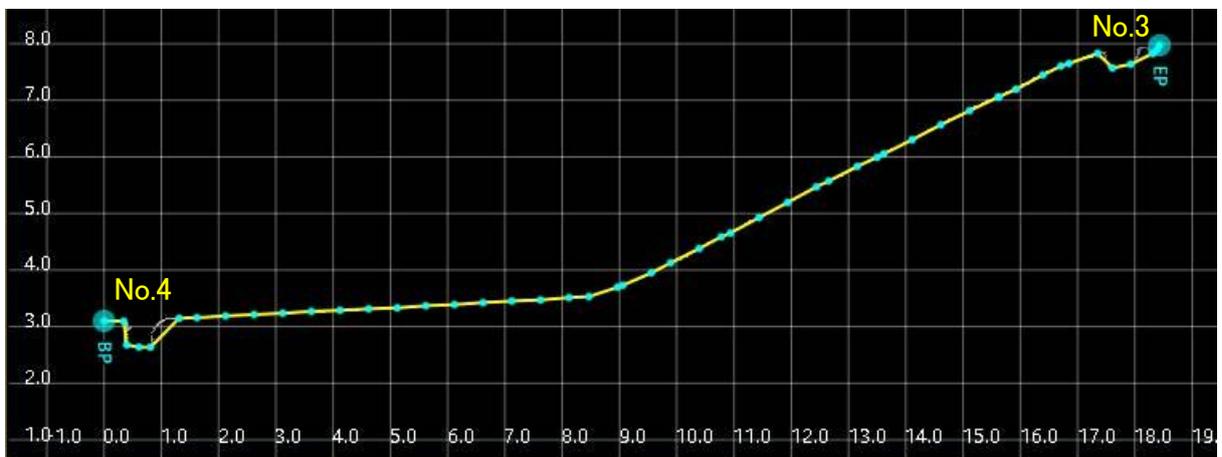


図-4 図化データより作成した横断面図 [214(10)]No. 3-4 断面

## 4. 結果

### (1) SfM 解析結果と気象データとの関連性

図-2 に各観測時間帯に撮影した DSM 画像を示す添付する。214(10), 326(10)では撮影範囲全体をデータ化できているが, 214(12, 14)では特に雪面に凹凸が少ないグラウンド平坦部および法面は全くデータ化されていない。314(10, 12, 14)においても同様にデータの一部が欠損しており, 326(12)については全くデータ化できない結果となった。214(10)および 326(10)の気象観測データを確認すると albedo が 0.837, 0.597 と差があるにもかかわらず, 下向き短波放射は  $542.3, 721.4\text{W/m}^2$  と比較的高い値を示しているため, 図化できたものと推察される。

一方, 図化できなかったケースは, 撮影時の下向き短波放射が  $204.8\sim 478.7\text{W/m}^2$  と低く, 極端に暗い時間帯もあったため, 撮影時に得られる雪面の情報量が少なかった事が影響しているものと考えられる(表-2, 図-1)。

### (2) 図化データと実測との精度検証

図-3, 図-4 に TREND-POINT で図化した断面図を示す。また, 表-3 には, 撮影範囲全体をデータ化できた 214(10)および 326(10)の No. 1~4 格点のデータ計測値と実測値を示す。格点ともに概ね数値は一致しており, 誤差も数センチであることから, 実用可能な範囲と考える(参考: 図-5 と写真-4, 図-6 と写真-5)。

## 5. まとめ

下向き短波放射が  $542.3\text{W/m}^2$  以上においては, albedo に関わらず, 観測範囲全体のデータ化が可能だったが, 極端に下向き短波放射の値が低い曇天の場合, データ化できないケースも確認された。また, 雪面付近の雪質が異なるケースにおいても (214(10)=新雪, 326(10)=ざらめ) データ化できたことから, データ化の可否は単に雪質によらないものと考えられる。

### 1) 今回補足できた条件

- ・ 天気のよい状態(晴), 下向き短波放射が  $542.3\text{W/m}^2$  以上。
- ・ 新雪・ざらめ雪どちらも補足できたため, 雪面付近の雪質によらないものと考えられる。
- ・ albedoは0.597~0.837間で補足されているため, 特に影響は見られなかった。

### 2) 測定結果

- ・ 今回補足できたCASE: 214(10), 326(10)においては, 実測との誤差が0~8cm程度であったため, 十分適用可能と判断される。

### 3) 今後の課題

- ・ RTK搭載型ドローンの活用により, 計測精度を向上。
- ・ 多くのデータを収集し, 雪質, 下向き短波放射, albedo の関係性を整理するなど, 補足条件の最適化を図る。

表-3 計測点の図化データと実測値

(単位: cm)

CASE	項目	No.1	No.2	No.3	No.4
214(10)	データ	49	44	40	46
	実測	53	40	32	50
326(10)	データ	25	9	0	22
	実測	26	17	0	22

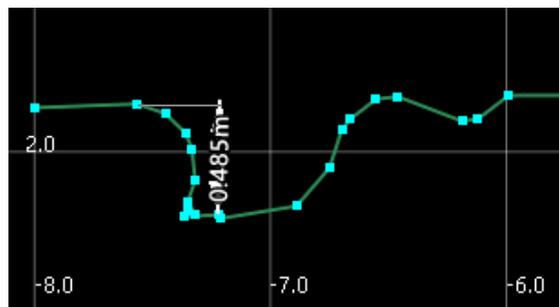


図-5 データ[214(10)]No.1

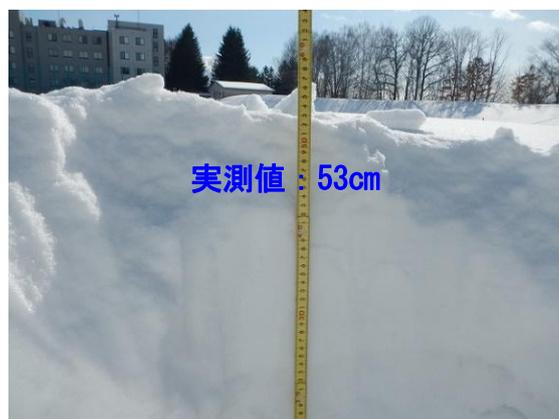


写真-4 実測[214(10)]No.1

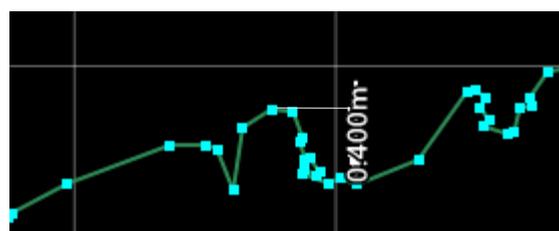


図-6 データ[214(10)]No.3



写真-5 データ[214(10)]No.3

# 新規供用した東北中央自動車道の冬期雪氷障害と雪害対策工について

山田 光雄\*1 土橋 博文\*2

## 1 はじめに

東北中央自動車道は、福島県相馬市を起点に山形県を經由し、秋田県横手市で秋田自動車道に接続する全長268kmの自動車専用道路である。

このうち、NEXCO東日本 東北支社 山形工事事務所で建設していた山形県内の南陽高畠IC～山形上山IC間(24.4km)は、平成31年4月13日に供用開始した。

本報文は、平成27年～30年の3冬期にわたって、雪氷対策検討業務ワーキンググループと現地検討会(以下「WG等」と言う。)で討議した雪害対策工の他に、土工工事や橋梁工事等で先行して取り組んだ対策工の工夫と効果及び今後考えられる課題と対応について報告するものである。

## 2 雪害対策の目的と進め方

建設から管理へ引き継ぎする雪害対策を最小にすることを目的に、既供用線の山形道の雪害やその対策を熟知する有識者であるアドバイザーと管理サイドも含めたWG等を行った。また、WG等では、山形道における過去に落雪等で苦慮した雪害対策施設の修繕や追加工事例を加えて、建設段階においてできる限りの対応をすべく、対策工の要否と工法等を討議して進めた。

## 3 雪害対策計画から設計・施工までの手法

WG等では、下表の年度別の事項を討議し、雪害対策工へ反映させた。

表1 WG等における年度別の実施事項

年 度	実施内容
[平成27年度] ・第1回WG ・現地検討会 ・第2回WG	①気象雪氷調査計画、②主要箇所 の冬期現地状況の確認及び気象 雪氷特性からの雪氷障害の抽出、 ③次年度調査計画の確認
[平成28年度] ・第3回WG ・現地検討会	①主要箇所の冬期現地状況の確認、②雪氷対策方針の確認、③気象雪氷特性及び雪氷障害状況を 基にした雪氷対策方法
[平成29年度] ・現地検討会	①気象雪氷特性及び雪氷障害状 況の確認、②雪崩対策施設設計資 料を基にした対策施設の適合性 の確認、③対策工の設計への提言
[平成30年度]	①全線の雪氷障害に対する対策 要否判定、②対策工の施工への提 言

\*1 東日本高速道路(株) 東北支社 仙台管理事務所  
(当時: 同 山形工事事務所)

\*2 (株)ネクソコ・エンジニアリング東北

## 4 管内の気象状況の把握

雪害対策工の基礎データとなる気象雪氷調査の観測項目とその求める成果は、下表のとおりである。

表2 気象雪氷調査の項目と求める成果

観測項目	求める成果
定点気象観測	気象概要の把握
視程観測	視程低下状況の把握
移動気象観測	気象状況の詳細や特異点の把握
雪害発生状況調査	自然斜面・人工法面の積雪変状の把握、吹きだまりや視程障害の発生状況の把握
積雪斜面状況の積雪中写真撮影	自然斜面・人工法面の斜面状況・積雪や雪崩状況の把握



図1 各定点の強風時の風向分布図

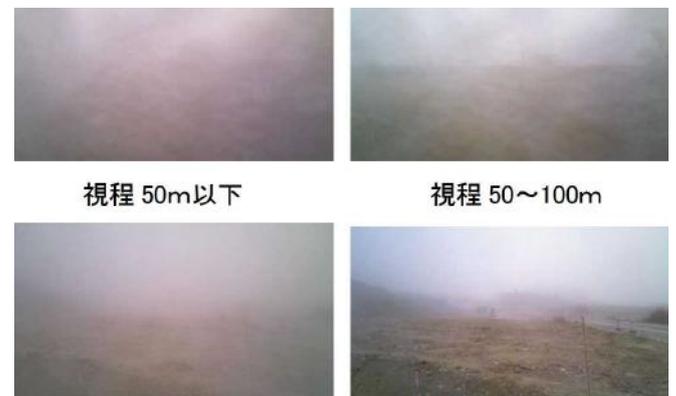


写真1 視程低下状況(南陽市赤湯地区)

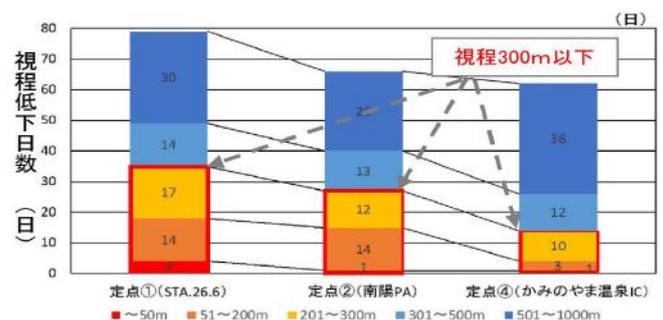


図2 各定点のランク別視程低下日数



写真2 C-Box部の雪庇



写真3 トンネル坑口部の積雪状況

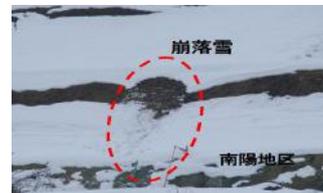


写真4 人工斜面の崩落雪状況



写真5 トンネル坑口部の崩落雪状況

## 5 雪害対策工の要否判定

気象観測及び雪害発生状況調査結果を踏まえて、雪害対策の要否判断・対策施設の計画を行った。なお、雪害対策要否判断の目安は、下表のとおりとした。

表3 雪害対策要否判断の目安

種別	対策要否判断の目安
雪崩 (自然斜面)	<ul style="list-style-type: none"> <li>雪崩危険度評価によるAランク、又は、斜面観察により雪崩発生につながる斜面変状が確認された斜面を対象とする。</li> <li>なお、近年多発している表層雪崩に対しては、斜面に雪崩の発生域と想定される急傾斜部を有し、雪崩が発生した場合に本線到達の可能性が高い斜面を対象とする。急傾斜部の勾配は40°、到達可能性の判断基準となる仰角は30°を目安とする。</li> </ul>
崩落雪 (人工法面)	<ul style="list-style-type: none"> <li>5段以上の人口法面を対象とする。(4段程度までは、幅広小段により積雪安定が期待できると想定した)</li> <li>日照条件が悪く、消雪が期待できない法面を対象とする。(S向き以外の斜面)</li> <li>なお、強風時の主風向から吹きだまりの発生が予想される箇所は、上記条件に当てはまらなくとも、法面ごとに判断する。</li> </ul>
トンネル坑口	<ul style="list-style-type: none"> <li>トンネル坑口の形状と気象条件、周辺環境を考慮して、雪庇防止対策、吹き込み雪対策、凍結防止対策や本線への崩落雪対策を坑口ごとに検討する。</li> <li>なお、建設中に雪庇発達を確認されたトンネル坑口には当初から雪庇防止板を設置する。</li> <li>設置範囲は、積雪期の堆雪形状を考慮して必要に応じて範囲を決定する。</li> </ul>

種別	対策要否判断の目安
視程障害	<ul style="list-style-type: none"> <li>視程障害の発生が予想され、その発生頻度が大きい範囲については、視程障害対策を検討する。</li> <li>なお、要否判断には、既存対策施設の状況や周辺環境(風上側の雪原の有無)も考慮する。</li> </ul>

## 6 管理サイドからの雪害対策工の提案

管理サイドからは、合同現地点検で、既供用線の山形道での実績より次の提案があり、建設時に対応可能な事項は課題を整理して、本対策工に取り込んだ。

### 【主な雪害対策の提案事項】

- ① T N坑門工の雪庇防止板は、車線部のみでは無く、両側の路側帯までとする(写真6)。
- ② T N坑門工の雪庇防止板への雪の付着防止として、雪庇防止板を明かり部側へ5°傾斜させる。
- ③ 表層雪崩ですり抜け対策として、せり出し防止柵にすり抜け防止ネットを設置する(写真7)。



トンネルの雪庇防止板



写真6 雪庇防止板の設置範囲と板の傾斜



写真7 表層雪崩すり抜け防止ネットの設置

## 7 先行工事の雪害対策工の工夫と効果

管内の土工工事・橋梁工事及び施設工事では、次の雪害対策工を先行して実施した。

### 7.1 12段長大切土法面の対策

長大切土法面に崩落雪対策として、せり出し防止柵を設置した(写真8)。



写真8 雪害対策工を施工した12段長大切土法面の全景

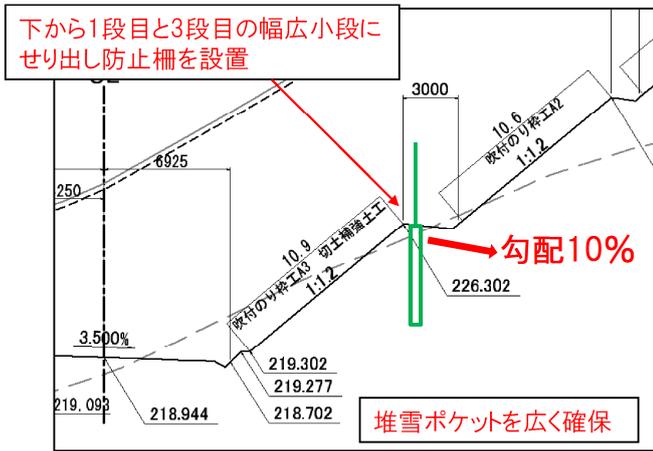


図3 せり出し防止柵の設置位置等

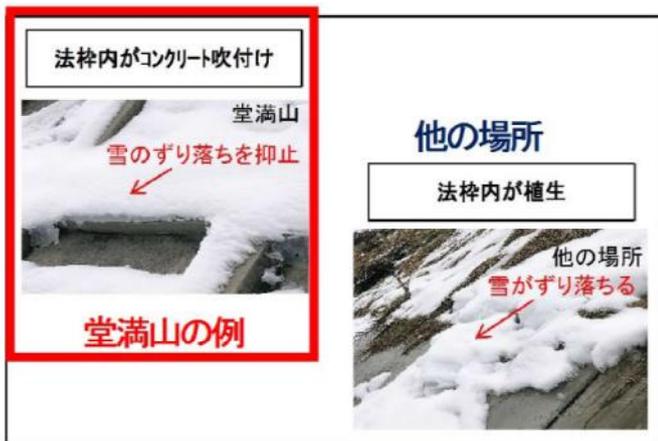


写真9 法枠内の雪のずり落ち抑止の比較

**【12段長大切土の土工事で先行した工夫と効果】**

- ①堆雪ポケットを多く確保する目的で、せり出し防止柵は幅広小段部の法肩に設置した(図3)。
- ②小段は、山側へ10%勾配のため、雪崩防止に効果有り。※本来の目的は、通水断面を確保したものの(図3)。
- ③コンクリート法枠内は、コンクリート吹付けのため、雪のずり落ち抑止に効果有り(写真9)。

## 7.2 トンネル～トンネル間及び坑口の対策

トンネル間の短い明かり部は、雪崩対策も考慮し、スノーシェルター・スノーシェッドを設置した。

中山トンネル坑口は、自然林を活用した雪崩対策を実施した。



写真10 スノーシェッドと電気室の位置



写真11 スノーシェルターに設置した落雪誘導工



写真12 トンネル坑口斜面の樹木保護

### 【トンネル～トンネル間の橋梁工事等で先行した工夫と効果及びトンネル坑口斜面の自然樹林の活用】

- ①電気室の位置が風上側にあり、かつ、スノーシェッドの屋根は、電気室側と反対側(山側)への勾配であるため、スノーシェッドに雪庇が発達しづらくなり、電気室への落雪が少なくなる(写真10)。
- ②スノーシェルターに、「落雪誘導工」を設置して市道へ雪の直接落下を回避した(写真11)。
- ③中山トンネル他の坑口で、雪崩抑止になる斜面の自然樹林をそのまま活かして樹木を保護した(写真12)。

なお、先行した対策工は先行したことによる工事の安全性の向上及び工費縮減につながった。

## 8 その他の雪害対策工

その他、雪崩対策及び吹雪と霧による視程障害対策として、以下の対策を実施した。

### (1) 吊柵工



写真13 吊柵工(赤湯トンネル南坑口斜面)

## (2) 雪崩防護柵工



写真14 雪崩防護柵工(にしごうトンネル北坑口斜面)

## (3) 視程障害対策工(吹雪と霧対策)

### 【施設工事における低盛土部の水田地帯及び長大橋の視程障害対策】南陽高島IC～赤湯TN間

- ① 自発光視線誘導灯「発光色：緑色」を設置した(写真15)。※NE XCO東北支社の基準より。
- ② 植樹可能な個所に防雪林を植樹した(写真17)。



写真15 長大橋と低盛土部の自発光視線誘導灯の発光状況



写真16 自発光視線誘導灯(発光色は緑色)



写真17 低盛土部の水田地帯の防雪林植樹箇所



写真18 植樹可能な範囲での防雪林の植樹状況

## 9 今後の課題と対応について

3冬期間の気象・雪害調査に当たっては、概ね、障害の可能性のある個所の確認と把握ができた。

南陽高島IC～山形上山IC間は、平成31年4月に供用開始したため、今後の効果検証が必要である。下表は今後考えられる雪害の課題であり、管理サイドへの引き継ぎ事項とした。

表4 今後考えられる雪害の課題と対応方法

項目	対応事項
現状の課題	3冬期間の気象観測及び雪害調査では、平年に近い状態での雪害状況を把握することができた。ただし、一部雪害対策工施工中の箇所もあり、雪害状況を十分に把握できていない箇所がある。
今後の課題	①雪害状況の確認 ②雪害対応の効果検証 ③付帯施設の雪害状況の把握 ④交差道路への影響把握 等

## 10 おわりに

本対策では、土工工事・橋梁工事及び施設工事の受注者の協力を得ながら可能な限り、先行して対応できる対策を工夫して取り込んできた。実施済みの対策工は、1～2年の経過であるが、12段長大切土では工夫した雪崩防止の効果が確認されている箇所もある。

今後は現対策の効果検証や新たな雪氷障害を確認し、適切に改良して行く必要がある。

雪害対策工の要否判定や工法選定に当たって、ご指導を頂いた国立研究開発法人防災科学技術研究所と町田建設株式会社に厚く御礼申し上げます。

なお、今後このような積雪寒冷地における雪害対策計画に参考になれば幸いである。

## 参考文献

- 1) (社) 日本建設機械化協会・(社) 雪センター 2005 除雪・防雪ハンドブック(防雪編)
- 2) 日本道路公団 積雪寒冷地における道路構造・付帯施設 設計要領 S53年7月
- 3) 東日本高速道路(株) 東北支社 山形工事事務所 東北中央自動車道 雪氷対策検討業務 WG資料

# 雪崩点検における汎用UAVの活用

鴻江雄太<sup>※1</sup> 細川迭男<sup>※1</sup> 古川健<sup>※2</sup> 阿部勲<sup>※3</sup>

## 1. はじめに

東日本高速道路(株)新潟支社湯沢管理事務所(以下、「湯沢(管)という」)管内は、年間累積降雪量が土樽～湯沢間で約10mの豪雪地帯を管理している。路線近傍には、雪崩発生懸念箇所も多く、土樽～塩沢石打間には雪崩防雪林、雪崩減勢群杭、スノーシェッド、防護擁壁などの雪崩対策施設を有しており、冬季間にはこれら雪崩対策施設の点検を実施している。

本論文は湯沢(管)管内で冬季に実施する雪崩点検において、事務所で所有する汎用UAVを活用した事例をまとめたものである。

## 2. 湯沢(管)管内の雪崩対策工

土樽地区にはナカノ沢より発生する雪崩の崩落速度を抑制し、雪崩が本線まで到達することを防ぐため、減勢群杭が設置されている。(写真1)

塩沢地区には石打トンネル(以下、「TN」という)東京側坑口に防護擁壁が設置されている。(写真2)



写真1 雪崩減勢群杭



写真2 防護擁壁

## 3. 雪崩点検の現状と課題

湯沢(管)では雪崩前兆現象の早期発見と雪崩対策施設の機能確認を目的に、巡回点検を実施している。この巡回点検は雪上を徒歩で移動するため、長年の経験と体力を必要とする作業であった。また、巡回中に想定外の雪崩が発生した場合に備え、監視員の配置や避難ルートを選定が必要となるリスクを伴う危険な作業であった。

## 4. 雪崩点検における汎用UAV活用事例

### 4.1 雪崩発生区・減勢群杭の確認

徒歩で容易に辿り着けない雪崩防止林の奥に位置する雪崩減勢群杭の機能を、地上から確認しようとしても、雪崩防止林が視界を遮り確認が困難であったが、汎用UAVを用いる事で減勢工が確認できた。(写真3.4)



写真3 地上撮影



写真4 UAV撮影

また、UAVに搭載されている高画素のデジタルズーム機能を用いることで、雪崩減勢群杭の機能や、ナカノ沢の頂上部に位置する雪崩発生区の積雪状況等(写真5)が容易に確認可能となった。

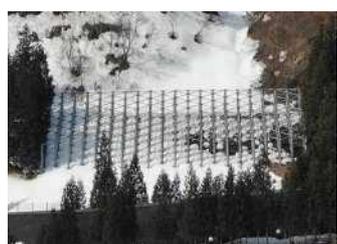


写真5 減勢群杭・雪崩発生区積雪状況 (UAV撮影)



### 4.2 石打TN東京側坑口堆雪ポケットの確認

汎用UAVで撮影した石打TN東京側坑口の堆雪ポケットの写真を写真6に示す。該当箇所は雪崩対策の見直しにより、擁壁高さが嵩上げされた経緯があり、これに伴い擁壁下部も肥大化し堆雪エリアが縮小されてしまった。従来、徒歩で現地へ行く事でしか確認できなかった堆雪ポケットの状況が、汎用UAVを用いる事で容易に確認可能となった。



写真6 石打TN東京側坑口堆雪ポケット (UAV撮影)



※1 東日本高速道路(株)新潟支社 湯沢管理事務所、※2 (株)ネクスコ・エンジニアリング新潟 湯沢道路事務所、

※3 (株)ネクスコ・メンテナンス新潟 湯沢事業所

## 5. 汎用UAV活用による雪崩点検の安全性・生産性向上

### 5.1 安全性向上

従来の巡回点検では、雪崩発生危険箇所（現地）へ点検員が徒歩等で実際に行く必要があったが、汎用UAVを活用する事により安全な場所からの点検が可能となった。

### 5.2 生産性向上

従来の巡回点検では、3人体制で日に3箇所程度を点検していたが、汎用UAVを活用する事により2人体制で半日に7箇所の点検が可能となり、1人当たりの生産性が約7倍にアップしたと思考される。

表1 雪崩点検比較表

雪崩点検	従来の巡回点検	UAVを活用した点検
点検方法	徒歩で現地へ行き点検	フライト地点から点検
体制	3人体制	2人体制
実績	3箇所/半日	7箇所/日

## 6. 湯沢（管）の取組み

航空法により、図1に示す空域及び方法でのUAVの飛行は原則禁止されている。これらに該当する条件で飛行させる場合には、国土交通大臣の許可・認証が必要となる。



図1 航空法で定める飛行禁止空域及び飛行の方法（出典；国土交通省 改正航空法概要ポスター）

湯沢（管）では、民間会社が主催する飛行に関する技能講習を受講し、国土交通省（東京航空局）へ「無人航空機の飛行に係る許可・承認書」の申請が完了しているものをオペレーターとして選任している。また、災害発生等緊急時に社員自ら汎用UAVを活用できるようにするため、定期的に飛行技能向上を目的とした練習会を開催している。その他、安全に汎用UAVを運用するため、飛行に関する注意事項等をまとめた「汎用UAV安全運航管理の手引き 湯沢（管）版」を制定した。



写真7 講習会・練習会 風景

## 7. 今後の展望

湯沢（管）では、中国DJI社製の汎用UAVを所有している。自動飛行アプリ「DJI GS Pro」によって機体の飛行ルートを作成し、ウェイポイントごとの操作（機体高度、写真撮影、動画撮影、機体の向き、カメラ角度等）を決定することができる。この機能を用いる事で、雪崩点検箇所の定点撮影が可能となるため、積雪状況に応じた比較が容易になると考えられる。また、離陸から着陸まで自動で飛行可能となるため、オペレーターの負担軽減にもつながると考えられる。

雪崩点検以外にも台風等による被災状況調査、点検困難箇所の調査、通行止め時の滞留車への注意喚起・情報提供、道路巡回等様々な活用方法が考えられる。今後、更なる活用事例を報告したい。

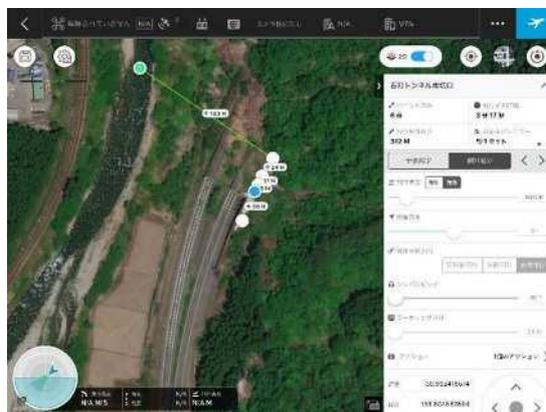


図2 石打TN東京側坑口飛行ルート（作成中）

# 北陸道における「平成30年豪雪」後の雪氷強化対策とその効果

青山 翔平<sup>※1</sup>, 吉枝 護<sup>※2</sup>, 桑子 淳一<sup>※2</sup>, 太田 雅次<sup>※1</sup>, 川瀬 拓也<sup>※1</sup>

## 1. はじめに

NEXCO中日本金沢保全・サービスセンター（以下、金沢HSCという）では、北陸道の加賀IC～小矢部IC間の69.6kmを管理している。

金沢HSCでは「平成30年豪雪」の経験と反省を踏まえ、長時間の立往生とそれに伴う通行止めを回避すべく各種対策と要領の見直しを行ってきた。

本報文は、冬期交通確保に向けた豪雪時の具体的な追加対策とその運用について報告するものである。

## 2. 「平成30年豪雪」の概要

2018年1・2月の日本列島は、冬型の気圧配置の強まることが多く、1月から2月にかけて、日本海側では何度も大雪に見舞われた。金沢HSC管内でも降り始めからの累計降雪量が1月13日では75cm、2月7日では150cmを超えるなど、17年ぶりの豪雪となった。この時の大雪が後に「平成30年豪雪」と名付けられている。

なお、大雪に見舞われた2018年1月と2月では2回にわたり大規模な通行止めが発生している。図1に1月の例を示すが、金沢森本～小矢部間では、36時間の通行止めにより、車両460台が17時間本線に滞留するといった事象が起きている。

## 3. 現況と問題点

### 3. 1. 長時間の通行止め

今回の通行止めでは、写真1のように自力走行不能車および滞留車の排除に時間を要し、除雪作業に支障をきたした。

金沢森本～小矢部間では、過去にも大型車が自力走行不能となり通行止めになることはあったが、多くがチェーン装着等により自力脱出しており、トラクターショベル（以下、TS）による牽引が必要になるような通行止めは稀であった。



写真1 平成30年豪雪時の滞留車両



図1 降雪状況（高窪地区）

※1 中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋株式会社 金沢道路事務所

※2 NEXCO中日本 金沢保全・サービスセンター

### 3.2. 圧雪路面による自力走行不能車の発生

除雪間隔の間に、短時間強雪があると、路面が圧雪状態となってしまう、除雪車では圧雪をとり切れない。この結果、圧雪輻路面となり、新雪も加わり自力走行不能車が発生しやすい状況になってしまう。写真2に輻路面と人力による自力走行不能車の救援状況を示す。



写真2 輻路面と人力による救援状況

### 3.3. TSの配置箇所

TSは金沢森本基地・小矢部基地に配備し、料金所や休憩施設の除雪を主に行い、自力走行不能車発生時には各基地から順行で救援に向かっていた。写真3はTSによる救援状況である。「平成30年豪雪」では、強雪が続きチェーン装着でも自力脱出が困難となり、かつ滞留車が数多く発生したため、TSの順行による救援は、不可能な状況になった。



写真3 TSによる牽引状況

## 4. 豪雪時の問題点の解決・対策方法

### 4.1. 防災体制の見直し

金沢HSCでは、降雪に伴う防災体制は以前より除雪作業を想定した警戒体制、通行止めを想定した緊急体制、通行止め後の長期通行止め対応を想定した非常体制に分けられている。今回この緊急体制を細分化し、大雪が想定された段階（異常降雪段階）での通行止めを未然に防ぐため、表1に示すような体制を設けることとした。

表1 異常降雪時の体制

降雪予測	基準
8cm/3時間	応援派遣要請基準 (森本～小矢部)
10cm/3時間	異常降雪基準

#### ・応援要請判断基準（金沢森本IC～小矢部IC）

基準を超える予測が発表された段階で速やかに他の事務所に対して、除雪車の応援要請を行う。この結果、3梯団から4梯団になり、除雪限界は3.9cm/h（11.7cm/3hr）から、5.1cm/h（15.3cm/3hr）に能力アップすることとなる。

#### ・異常降雪基準

通行止めや自力走行不能車発生を想定して2018年度は、施設面の増強（定置式薬液散布装置）を実施した。2020年度には梯団数も増強し金沢森本～小矢部は4梯団に固定化する予定である。

### 4.2. 通行止めルール化の徹底

通行止め長期化の一要因として、自力走行不能車が発生した時点で、上下線同時に通行止めを実施しなかったことで、救援に時間を要した。そこで雪による通行止めは、上下同時に徹底することにした。これにより、自力走行不能車の発生した反対方向を逆走で各基地（IC）からTSを救援に向かわせることも可能となる（図2参照）。

また、上下線を結ぶ開口部を利用して部分的な梯団除雪を行うことも可能となる。路面がクリアになっていれば、緊急時には開口部から滞留車をUターンさせることも可能になり早期通行止め解除に向けた選択肢のひとつとなる。

### 4.3. 圧雪路面を形成させない対策・抑制

路面圧雪を抑制し、自力走行不能車の発生を防止するために、縦断勾配5%区間に定置式薬液散布装置を設置した。ちなみにこの箇所は、車両460台が17時間滞留した金沢森本～小矢部間（上り線1.2km、下り線1.4kmの区間）である。写真4に定置式薬液散布装置の稼働状況を示す。



写真4 定置式薬液散布装置 稼働状況

また、広域応援派遣体制が構築され、保有する梯団の除雪能力を超える降雪が予測された場合は、他事務所、他高速道路会社などから応援車両を要請する。

その際、除雪車を定時運行することにより、圧雪路面を形成させない工夫もしている。

#### 4.4. TSの事前配備

上下線ともに自力走行不能車が発生する箇所は高窪TNの前後にある縦断勾配5%の区間である。

自力走行不能車が発生した際に各基地（IC）から移動することなく救援専門のTSを図2のように高窪TN東坑口に事前配備した。さらに、高窪TN西坑口に写真5のような開口部を新設し順行で運用できるようにした。

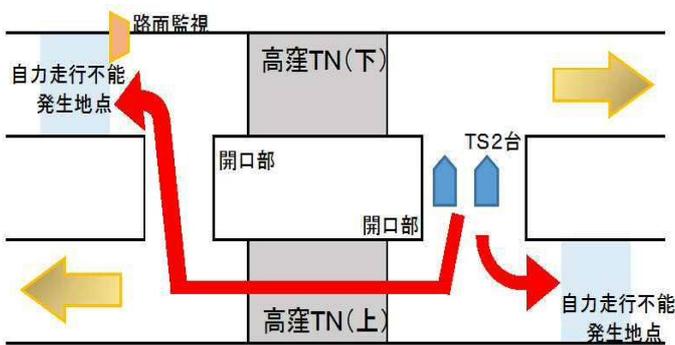


図2 TS配置図



写真5 高窪TN開口部

また、TS配置箇所には写真6のようにNEXCO職員と運転手が待機可能な詰所も整備し、救援が即座に実施できる体制を構築した。



写真6 TSオペ待機施設

#### 4.5. 監視・巡回の強化

異常降雪等における交通監視対策として、以下3点の強化を行った。

①写真7に示すような気象・道路状況を把握するためのCCTV・WEBカメラを本線部6基、IC部3基増設を行い、管内全線で46基とした。



写真7 WEBカメラ

②異常降雪時には、路面監視員2パーティを高窪TN付近に配置し路面と車両走行状況を目視でも行うこととした。

③写真8に示すように、巡回車両に路面監視カメラを搭載し、雪氷巡回時の路面状況を雪氷本部でも把握できるようにした。



写真8 路面監視カメラによる状況把握

## 5. 国・県との連携強化

### 5. 1. 情報連絡室の開設

大雪時には、図4に示すような国土交通省金沢河川国道事務所に情報連絡室を開設し、関係道路管理者と降雪状況や路面状況などを共有し、連携して道路ネットワークの維持に努める体制を構築する。

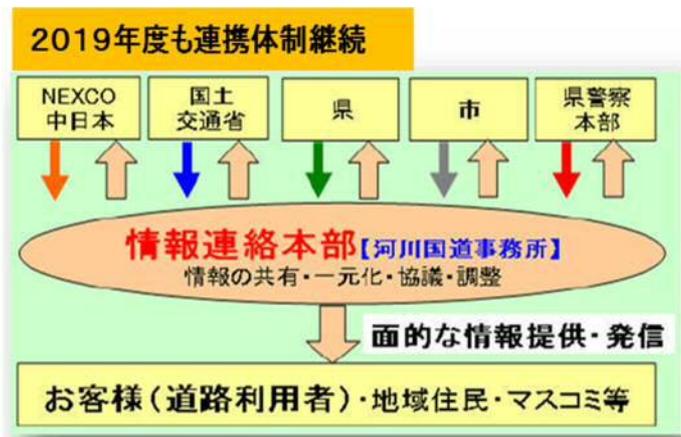


図4 石川県冬期道路交通確保連携計画

異常降雪・事故等で通行止めが実施された場合、各ICのアクセス道路や並行する路線の道路管理者との情報共有・連携を適切に実施し、地域の交通混乱の防止に努めることである。具体的には閉鎖を行うICの選定、死守するICにおいてはICアクセス道路の除雪強化である。

昨冬期前には、写真9のように国土交通省や県などと連携し、想定されるシナリオを変えつつ3度の合同訓練を実施した。



写真9 関係機関との雪害合同訓練

### 6. 2018年度の降雪結果と各種対策工の評価

「平成30年豪雪」（2017年度）後の対策工の効果について考察する。図5は2017年度と2018年度の降雪量を比較したものである。

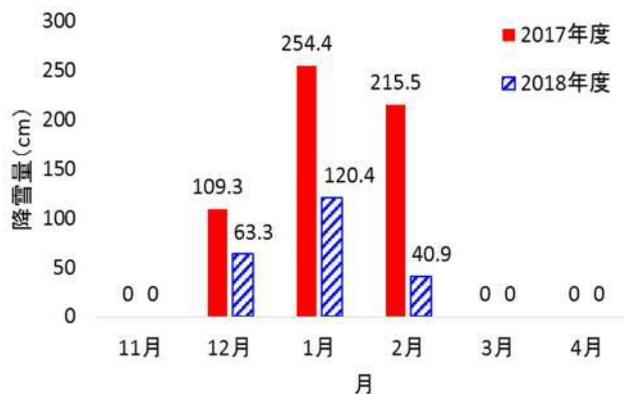


図5 雪氷対策期間での降雪量の比較

この図からわかるように、降雪量は2017年度（平成30年豪雪）の半分程度であり、特に2月に至っては、2割程度である。このことから今回の雪氷強化対策が十分に効果を発揮するまでには至っていない。

## 7. おわりに

金沢HSC管内の大雪時のハード・ソフト両面の様々な追加対策を紹介してきた。

将来的には除雪作業のオペの不足や、機械の故障などが発生するリスクもあるため、急勾配区間に対し、図6のようなスノーシェルターを設置し、除雪が不要となる対策も考えられる。

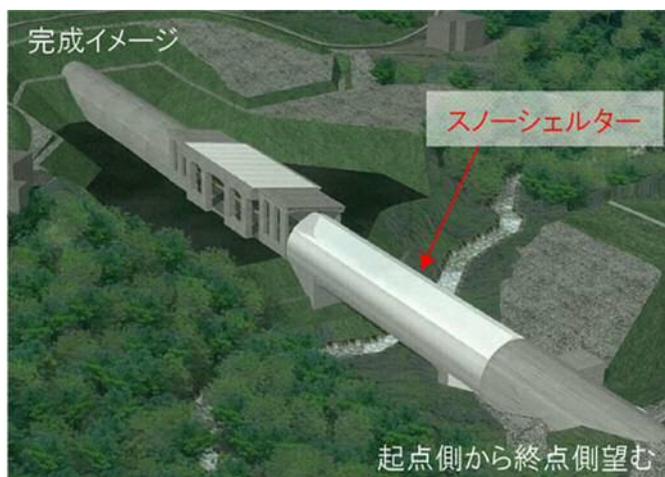


図6 スノーシェルター（小樽の事例）

また、お客様に北陸道への乗り入れを回避してもらうためにも、大雪が予測される場合は、ロードプライシング（料金上乘せ）により、利用を控えていただく方策も考えられる。

金沢HSCでは、豪雪時にも通行止めすることのないよう各種対策を追加してきたが、来期以降も各種対策工の効果について追加評価を継続していき、北陸道の冬期交通確保に努めていく所存である。

# 北陸自動車道の安全で効率的なチェーン規制作業を目指して

水口 大司\*1、見方 功\*1

## 1. はじめに

北陸地域は、平成 30 年 1・2 月の猛烈な寒気を伴う豪雪が原因で、北陸自動車道（以下、「北陸道」という。）及び一般道に大渋滞・長期通行止めが発生し、北陸地域の道路網が機能しない状況となり、地域の生産活動に多大な影響を及ぼした。

このことから、国土交通省が立ち上げた冬期道路交通確保対策委員会が大雪時の道路交通確保対策の提言を行い、北陸道の 2 区間（木之本 IC～今庄 IC 間、丸岡 IC～加賀 IC 間）を含む全国 13 区間（直轄国道 6 区間、高速道路 7 区間）が、従来であれば通行止めとなる状況においてタイヤ装着車のみ通行可能とするチェーン規制区間として設定された。

中日本高速道路㈱金沢支社（以下、「金沢支社」という。）では、平成 30 年度の雪氷作業改善対策の一つとして、国土交通省からチェーン規制区間に設定された 2 区間と平成 30 年 1 月・2 月豪雪時に長期通行止めを余儀なくされた金沢森本 IC～小矢部 IC を含む 3 区間を雪氷作業重点区間とし、チェック要員による冬用タイヤ規制及びチェーン規制が実施できるよう準備を整え、平成 30 年度の雪氷期を迎えた。

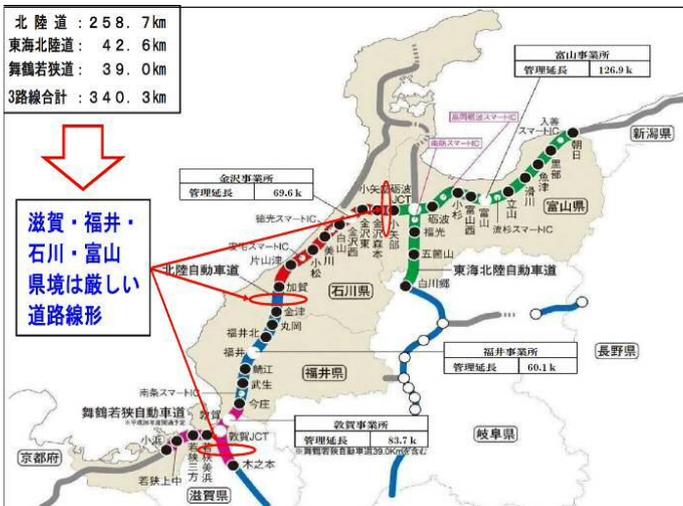
今回は、平成 30 年度雪氷期間のチェック要員による冬用タイヤ規制実施状況と改善策を報告するものである。

## 2. 高速道路の管理区間と道路線形

中日本ハイウェイ・メンテナンス北陸㈱は、北陸道の木之本 IC～朝日 IC 間と東海北陸道の白川郷 IC～小矢部砺波 JCT 間及び舞鶴若狭道の小浜 IC～敦賀 JCT 間の 3 路線で、維持修繕業務の一つである雪氷対策作業を担当している。

管理区間の中では、図-1に示す北陸道の 3 箇所の県境が、縦断勾配が厳しく、通常期の冬期間でも自力走行不能車両や交通事故の発生が多い箇所となっている。

【図-1】



## 3. 豪雪時の通行止め状況

平成 30 年 1 月豪雪では、1 月 11 日早朝から氷点下を下回る気温・気象予測を上回る降雪が続き、北陸道金沢森本 IC～小矢部 IC 間（以下、「石川・富山県境」と言う）に端を発し、鯖江 IC～富山 IC 間(147.9km)で最長延べ 36 時間（金沢森本 IC～小矢部 IC）を超える通行止めを余儀なくされた。

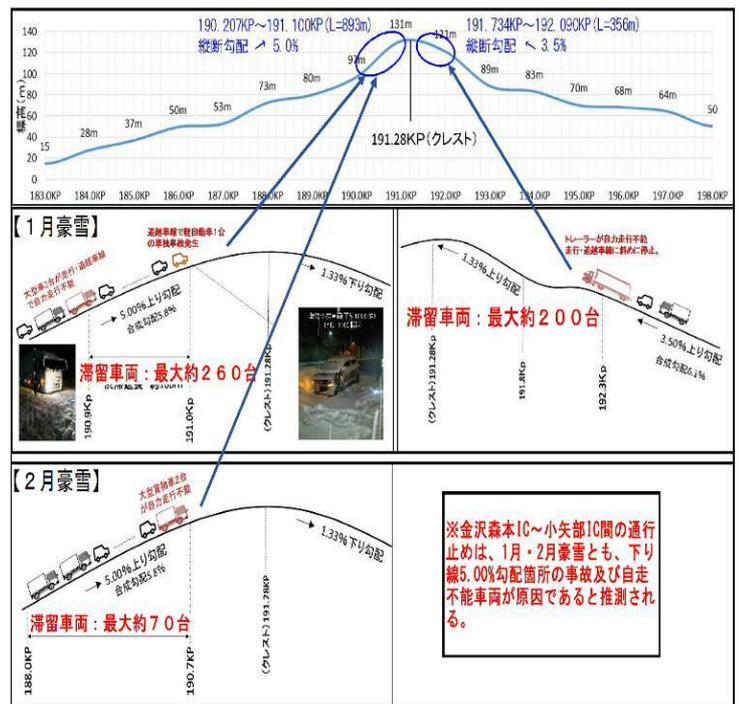
下り線の通行止めに至る状況は、1 月 11 日 21 時頃に石川・富山県境付近の上り勾配(5.0%)箇所にて、軽車両の追越車線側での単独事故が原因で、後続車両が走行・追越車線上で停止(自力走行不能)状態となり、最大 260 台が本線上に滞留(約 17 時間)した。

上り線の通行止めに至る状況は、1 月 11 日 23 時頃に石川・富山県境付近の上り勾配(3.50%)箇所にてトレーラーの斜め停止(自力走行不能)が原因で、後続車両最大 200 台が本線上に滞留(約 11 時間 30 分)した。

平成 30 年 2 月豪雪では、1 月豪雪と同様に石川・富山県境に端を発し、敦賀 IC～砺波 IC 間(160.6km)で、最長延べ 47 時間(金沢西 IC～金沢森本 IC)を超える通行止めを余儀なくされた。

下り線の通行止めに至る状況は、1 月豪雪と同様箇所にて、大型車両 2 台の走行・追越車線における自力走行不能が原因で、後続車両が走行・追越車線上で停止(自力走行不能)状態となり、最大 70 台が本線上に滞留(約 6 時間)した。滞留車両発生状況を図-2に示す。

【図-2】



\*1中日本ハイウェイ・メンテナンス北陸㈱

#### 4. 長期間に渡った通行止め要因

上記の長時間の通行止めを余儀なくされた要因を以下に述べる。

- 1) 気温が氷点下の状況で強い降雪が長く継続したこと。
- 2) 降雪が連続し除雪が追いつかず、本線路面の圧雪が成長したこと。
- 3) 自力走行不能車両が多数発生し、救援に多大な時間を要し、除雪作業が出来なく良好な路面の確保に時間を要したこと。

#### 5. 国土交通省の大雪時の道路交通確保対策の提言

冬期道路交通確保対策委員会より、大雪時の道路交通確保対策として、集中的な大雪時において、これまでの通行止めを回避するという道路交通確保に対する考え方を転換し、道路管理者の連携により、最大限の除雪に努めつつ、関係機関はもちろん、道路利用者や地域等に協力を求めながら、道路ネットワーク全体として大規模な車両滞留の抑制と通行止め時間の最小化を図る「道路ネットワーク機能への影響の最小化」を目標とするべきと提言され、大雪時の道路交通確保に向けた道路管理者等の新たな取り組みとして次の3項目を示された。

##### 1) タイムライン（段階的な行動計画）の作成

○大雪が想定される3日前からの行動について表-1に示すとおり、あらかじめ関係機関と協同してタイムラインを作成し、共有のうえ運用する。

【表-1】

時間 (目安)	気象台	整備局	国道 事務所	地方 公共団体	高速会社	〇〇
1~3日前 まで	気象情報共有・体制確保					.....
	緊急発表		連絡本部開催の準備			
	呼びかけ					
半日前~ 6時間前	大雪 注意報	応援・派遣 等準備	除雪開始 除雪体制の準備			.....
6時間前~ 2時間前	大雪 警報	リエゾン 派遣	市町村長ホットライン			.....
			情報提供	リエゾン 受け入れ	情報提供	
集中的な 大雪の発生	TEC派 遣	集中除雪・通行止め区間の調整			.....	
		広域支援・受援の調整				
6時間後~ 1日後	気象情報 共有 (見通し)	.....	.....	.....	.....	.....

《集中的な大雪時を想定したタイムラインのイメージ：国土交通省作成》

##### 2) チェーン等の装着の徹底

○従前の「チェーン装着指導」は、冬シーズン初め頃にチェーン装着を指導（お願い）する対応であり、チェーン未装着の大型車等の立ち往生が発生している状況から、実効性のあるチェーン装着による通行制限を実施できる仕組みを図-3の示すとおりとする。

【高速道の場合】

通行制限 の段階	(冬用タイヤ装着 呼びかけ)	冬用タイヤ・チェーン 装着の徹底	チェーン装着車のみ走行可 <sup>※</sup>	通行不可
	→ 制限開始			
降雪量 (降雪状況)	少ない (通常の降雪)	(注意警報の大雪)	(警報級の大雪)	(集中的な大雪) 多い

##### 3) 集中的な大雪時の予防的な通行規制・集中除雪の実施及び広域迂回の呼びかけ

○本格的な降雪前（1~3日前）には、チェーンの携行・装着を呼びかけ、集中的・記録的な大雪が予想される時には、緊急発表により出控えの呼びかけを行う。

○集中的・記録的な大雪時には、重大な災害に繋がるような稀な状況になっていることを伝達し、交通需要の抑制を行うとともに、Lアラート（総務省）等とも連携、物流事業者や道路利用者に多重・多様に情報提供を行う。

○予防的な通行規制区間として、過去に立ち往生が発生している箇所及び道路縦断勾配5%以上の箇所を抽出し、降雪の見通しやチェーン脱着場などの施設整備状況を踏まえ集中除雪やチェーン規制の導入を順次行う。

#### 6. 高速道路のチェーン規制区間の設定

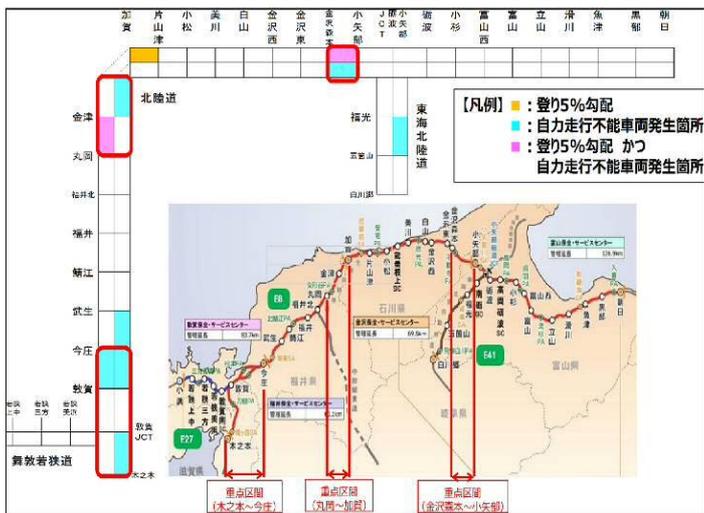
チェーン規制実施時期については、大雪特別警報や大雪に対する緊急発表が行われるような異例の降雪時とし、規制箇所については、勾配の大きい峠部でこれまでに大規模な立ち往生などが発生した区間を対象として、従来であれば通行止めとなる状況においてタイヤチェーン装着車のみ通行を可能とするものであり、高速道路のチェーン規制区間としては、北陸道の2区間（木之本IC~今庄IC間、丸岡IC~加賀IC間）を含む7区間が設定された。

#### 7. 金沢支社管内雪氷対策作業重点区間の設定

金沢支社管内では、平成30年度の雪氷作業改善対策の一つとして、国土交通省からチェーン規制区間に設定された2区間と平成30年1月・2月豪雪時に長期通行止めを余儀なくされた金沢森本IC~小矢部ICを含む3区間を図-4に示すとおり雪氷作業重点区間とした。

\*1中日本ハイウェイ・メンテナンス北陸(株)

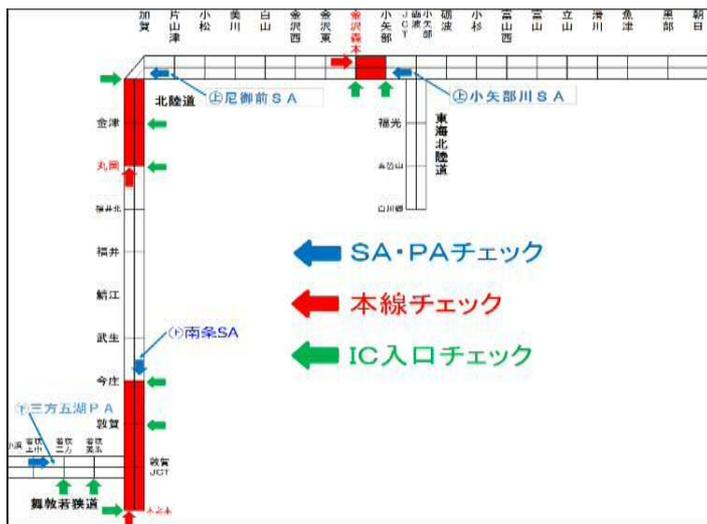
【図-4】



### 8. 北陸道の冬用タイヤ規制実施状況

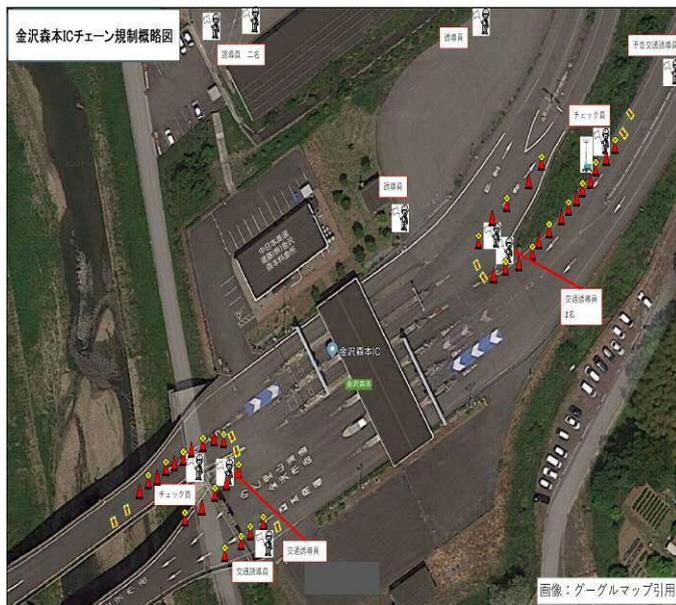
気象予測等で普通タイヤでは安全な走行に支障があると判断した場合は、重点区間においてチェック要員による冬用タイヤ規制・チェーン規制を実施できるよう、図-5に示すとおり本線通過車両を対象にチェック体制を構築し、平成30年度の雪氷期を迎える準備を整えた。

【図-5】

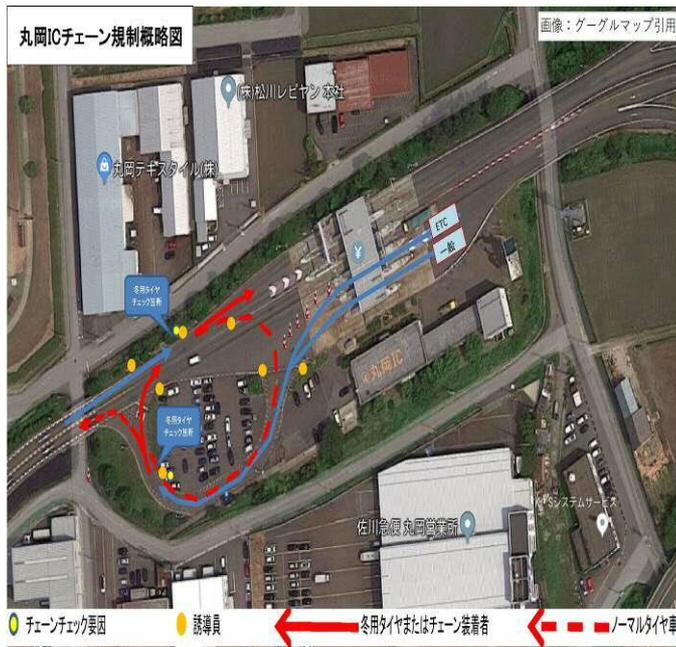


平成30年12月28日の早朝(約3時間)に重点区間3箇所にて、チェック要員による冬用タイヤ規制を実施した結果、本線からICへ引き込んだ下り線3箇所と本線から休憩施設(SA)へ引き込んだ上り線3箇所とも、本線上での事故や重大な支障は発生せず、無事に冬用タイヤ規制が実施できたが、図-6・7に示すとおり金沢森本ICや丸岡ICは、本線通過車両をICへ引き込みタイヤチェックを行うには、チェックドックや大型トレーナーの回転場所等がないため、本線交通量が多い時間帯に規制を行うと本線まで渋滞が繋がり、大変危険な状態になると推測される状況であった。

【図-6】



【図-7】



また、木之本以南から金沢森本以北へ走行する全車両が、3回も本線からICへ下ろされてタイヤチェックを受けることとなり、お客様から実施方法に対する苦情が発生する状況となった。

現況のチェック体制では、北陸道下り線のタイヤ規制は木之本・丸岡・金沢森本ICで本線から流出させる必要があり、円滑な交通確保とは言い難い(上り線は、3箇所のSAへ引き込んだのタイヤ規制であり、下り線ほどの交通障害となっていない)状況となっている。

### 9. 令和元年度のチェーン規制等の作業体制

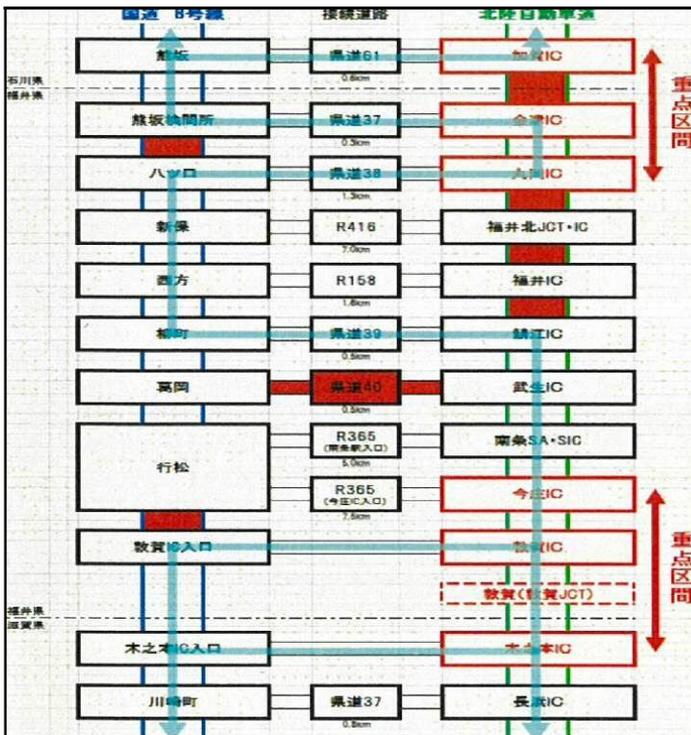
平成30年度に重点区間に指定した丸岡～加賀間と金沢森本～小矢部間は、除雪梯団・凍結防止剤散布車の増設及

\*1中日本ハイウェイ・メンテナンス北陸(株)

び走行不能車両の発生が懸念される上り勾配区間に定置式凍結防止剤散布装置の設置等の除雪体制を強化したこと、上記の重点区間 3 箇所チェック要員による冬用タイヤ規制を実施結果も考慮し、チェック要員による冬用タイヤ規制を取りやめることとした。

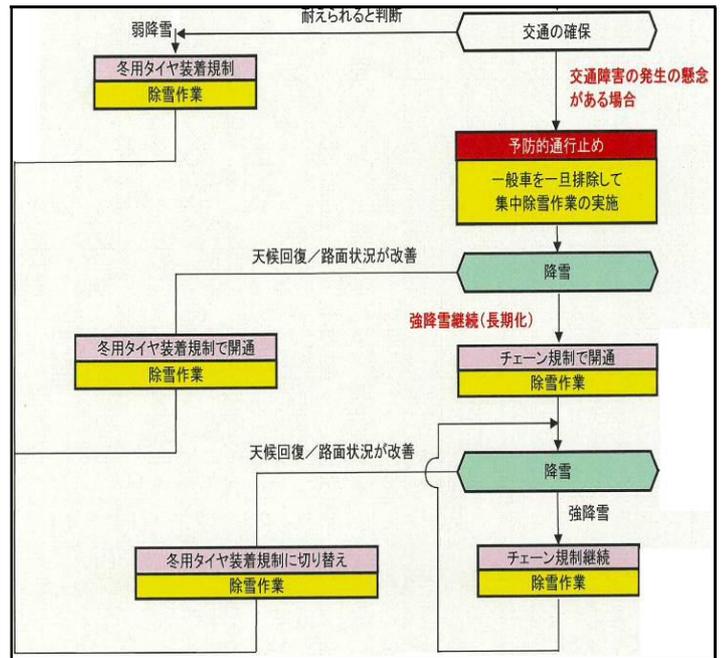
また、国土交通省からチェーン規制区間に設定された 2 区間を含む木之本～加賀間は、並行する国道 8 号と同一区間で通行止めが生じないよう図-8 に示すとおり連携を図ることとした。

【図-8】



さらに、高速道路上の交通障害発生の懸念が推測される場合、一般車両を一旦排除して集中除雪作業を行えるよう、図-9 に示す予防的通行止めを行うこととした。

【図-9】



10. おわりに

木之本～今庄間で実施するチェック要員による冬用タイヤ規制の更なる安全・効率化向上を図るため、チェック作業時に図-10に示すようなステッカーを配布し、再チェック時間の短縮の検討やタイヤ業界との連携強化を図り、チップを埋め込んだ冬用タイヤを製造・販売を促し、センサーによるタイヤ種別の自動判別を容易に実施できるよう、中日本高速道路グループ内はもとより自動車関連業界との連携を強化し、時代の変化に対応した「お客さまの安全」「社員の安全」の観点で雪氷作業方法の見直しを継続して行い、安全・安心な高速道路空間を提供していきたい。

【図-10】



以上

\*1中日本ハイウェイ・メンテナンス北陸(株)

# 冬期登坂不能車の抑制に関する検討 冬期登坂不能車データ集積による登坂不能車マップ作成及び分析

小泉倫彦\*1

神代悠介\*1

## 1. はじめに

冬期間道路管理において降雪及び凍結によって毎年登坂不能車が発生している。そのため、過去の登坂不能車のデータを収集し登坂不能車発生箇所傾向を分析し、冬期道路管理に活用するべく、冬期登坂不能車の発生データを元に平成26年に「登坂不能車発生箇所マップ」及び「登坂不能分析ツール」を作成し、平成27年より国土交通省北陸地方整備局イントラネットで共有している。

また、毎年データの更新を行い、北陸地方整備局管内のデータは令和元年度時点で平成22～29年までの8カ年分、全国のデータは平成23～29年までの7カ年分のデータが蓄積されている。（平成30年度データについては更新中である。）

## 2. 登坂不能車データ集計

### 2.1 登坂不能マップについて

「登坂不能車発生箇所マップ」は国土交通省国土地理院がインターネット上で一般公開している「地理院地図」の「地理院マップシート」ファイル(Excelデータ)を利用している。これは地図上に登坂不能箇所情報をプロットする機能である。マップデータは国土交通省北陸地方整備局イントラネット内で共有し活用している。

登坂不能箇所マップは、全国版と北陸版があり、イントラネット内に表-1に示すデータを元に作成された「地理院マップシート」を掲載している。

マップを使用する際は、イントラ内からデータをダウンロードし、インターネット上の「地理院地図」の表示機能を使用することで図-1に示すようにデータがプロットされた地図を見ることが可能である。

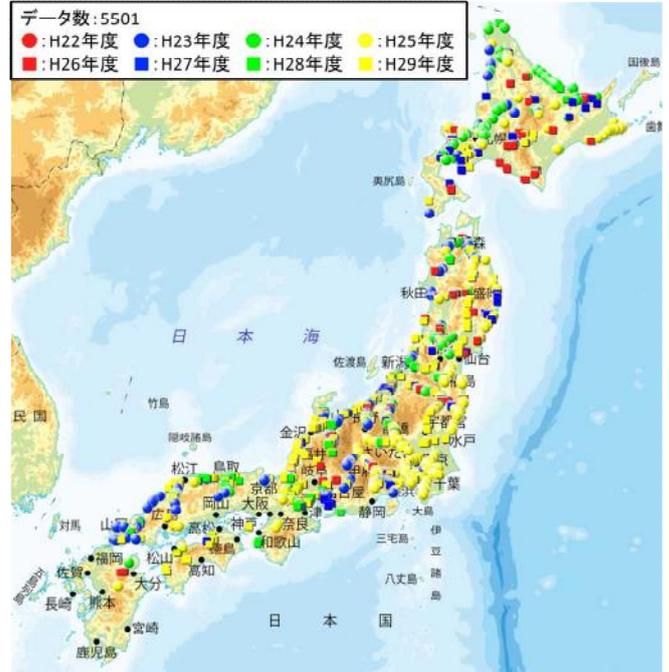


図-1 登坂不能マップ（全国版）

### 2.2 分析ツールについて

各地方整備局から収集した登坂不能車のデータを元に、表-2に示すデータを簡易な傾向が分析可能な分析ツール(Excelデータ)を作成し、登坂不能マップと合わせて共有している。

分析ツールは図-2に示すように表及びグラフが一覧となって出力される。また、分析条件として整備局、事務所、出張所、路線、距離標自～至、適応年範囲の6条件を設定可能とすることで事務所別や出張所別、路線別、区間別等の分析が可能であり、距離標や適応年を指定することで、特定箇所の傾向分析を行う事も可能となっている。

表-1 登坂不能箇所マップ記載情報

項目	北陸版	全国版	出典	項目	北陸版	全国版	出典
緯度	○	○	道路基準点案内システム (http://www.road- info.nippon.go.jp/kijunon/)	開始時刻	○	○	各地方整備局より収集
経度	○	○		終了時刻	○	○	
年度	○	○	道路ネットワーク	通行止の時間	○	○	各地方整備局より収集
道路種別	○	○	道路ネットワーク	始発	○	○	
道路番号	○	○	道路ネットワーク	目的地の運用	○	○	各地方整備局より収集
道路名称	○	○	道路ネットワーク	天候	○	○	
道路種別	○	○	道路ネットワーク	気象	○	○	各地方整備局より収集
道路番号	○	○	道路ネットワーク	積雪深度	○	○	
道路名称	○	○	道路ネットワーク	積雪状況1 (cm)	○	○	各地方整備局より収集
道路種別	○	○	道路ネットワーク	積雪状況2	○	○	
道路番号	○	○	道路ネットワーク	その他	○	○	各地方整備局より収集
道路名称	○	○	道路ネットワーク	勾配符号	○	○	
上下線	○	○	道路ネットワーク	勾配 (%)	○	○	MCHデータ
道路種別	○	○	道路ネットワーク	勾配延長 (m)	○	○	
道路番号	○	○	道路ネットワーク	積雪深度 (cm)	○	○	MCHデータ
道路名称	○	○	道路ネットワーク	積雪状況 (cm)	○	○	
道路種別	○	○	道路ネットワーク	積雪状況2	○	○	MCHデータ
道路番号	○	○	道路ネットワーク	積雪状況3	○	○	
道路名称	○	○	道路ネットワーク	積雪状況4	○	○	MCHデータ
道路種別	○	○	道路ネットワーク	積雪状況5	○	○	
道路番号	○	○	道路ネットワーク	積雪状況6	○	○	MCHデータ
道路名称	○	○	道路ネットワーク	積雪状況7	○	○	
道路種別	○	○	道路ネットワーク	積雪状況8	○	○	MCHデータ
道路番号	○	○	道路ネットワーク	積雪状況9	○	○	
道路名称	○	○	道路ネットワーク	積雪状況10	○	○	MCHデータ
道路種別	○	○	道路ネットワーク	積雪状況11	○	○	
道路番号	○	○	道路ネットワーク	積雪状況12	○	○	MCHデータ
道路名称	○	○	道路ネットワーク	積雪状況13	○	○	
道路種別	○	○	道路ネットワーク	積雪状況14	○	○	MCHデータ
道路番号	○	○	道路ネットワーク	積雪状況15	○	○	
道路名称	○	○	道路ネットワーク	積雪状況16	○	○	MCHデータ
道路種別	○	○	道路ネットワーク	積雪状況17	○	○	
道路番号	○	○	道路ネットワーク	積雪状況18	○	○	MCHデータ
道路名称	○	○	道路ネットワーク	積雪状況19	○	○	
道路種別	○	○	道路ネットワーク	積雪状況20	○	○	MCHデータ
道路番号	○	○	道路ネットワーク	積雪状況21	○	○	
道路名称	○	○	道路ネットワーク	積雪状況22	○	○	MCHデータ
道路種別	○	○	道路ネットワーク	積雪状況23	○	○	
道路番号	○	○	道路ネットワーク	積雪状況24	○	○	MCHデータ
道路名称	○	○	道路ネットワーク	積雪状況25	○	○	
道路種別	○	○	道路ネットワーク	積雪状況26	○	○	MCHデータ
道路番号	○	○	道路ネットワーク	積雪状況27	○	○	
道路名称	○	○	道路ネットワーク	積雪状況28	○	○	MCHデータ
道路種別	○	○	道路ネットワーク	積雪状況29	○	○	
道路番号	○	○	道路ネットワーク	積雪状況30	○	○	MCHデータ
道路名称	○	○	道路ネットワーク	積雪状況31	○	○	
道路種別	○	○	道路ネットワーク	積雪状況32	○	○	MCHデータ
道路番号	○	○	道路ネットワーク	積雪状況33	○	○	
道路名称	○	○	道路ネットワーク	積雪状況34	○	○	MCHデータ
道路種別	○	○	道路ネットワーク	積雪状況35	○	○	
道路番号	○	○	道路ネットワーク	積雪状況36	○	○	MCHデータ
道路名称	○	○	道路ネットワーク	積雪状況37	○	○	
道路種別	○	○	道路ネットワーク	積雪状況38	○	○	MCHデータ
道路番号	○	○	道路ネットワーク	積雪状況39	○	○	
道路名称	○	○	道路ネットワーク	積雪状況40	○	○	MCHデータ
道路種別	○	○	道路ネットワーク	積雪状況41	○	○	
道路番号	○	○	道路ネットワーク	積雪状況42	○	○	MCHデータ
道路名称	○	○	道路ネットワーク	積雪状況43	○	○	
道路種別	○	○	道路ネットワーク	積雪状況44	○	○	MCHデータ
道路番号	○	○	道路ネットワーク	積雪状況45	○	○	
道路名称	○	○	道路ネットワーク	積雪状況46	○	○	MCHデータ
道路種別	○	○	道路ネットワーク	積雪状況47	○	○	
道路番号	○	○	道路ネットワーク	積雪状況48	○	○	MCHデータ
道路名称	○	○	道路ネットワーク	積雪状況49	○	○	
道路種別	○	○	道路ネットワーク	積雪状況50	○	○	MCHデータ
道路番号	○	○	道路ネットワーク	積雪状況51	○	○	
道路名称	○	○	道路ネットワーク	積雪状況52	○	○	MCHデータ
道路種別	○	○	道路ネットワーク	積雪状況53	○	○	
道路番号	○	○	道路ネットワーク	積雪状況54	○	○	MCHデータ
道路名称	○	○	道路ネットワーク	積雪状況55	○	○	
道路種別	○	○	道路ネットワーク	積雪状況56	○	○	MCHデータ
道路番号	○	○	道路ネットワーク	積雪状況57	○	○	
道路名称	○	○	道路ネットワーク	積雪状況58	○	○	MCHデータ
道路種別	○	○	道路ネットワーク	積雪状況59	○	○	
道路番号	○	○	道路ネットワーク	積雪状況60	○	○	MCHデータ
道路名称	○	○	道路ネットワーク	積雪状況61	○	○	
道路種別	○	○	道路ネットワーク	積雪状況62	○	○	MCHデータ
道路番号	○	○	道路ネットワーク	積雪状況63	○	○	
道路名称	○	○	道路ネットワーク	積雪状況64	○	○	MCHデータ
道路種別	○	○	道路ネットワーク	積雪状況65	○	○	
道路番号	○	○	道路ネットワーク	積雪状況66	○	○	MCHデータ
道路名称	○	○	道路ネットワーク	積雪状況67	○	○	
道路種別	○	○	道路ネットワーク	積雪状況68	○	○	MCHデータ
道路番号	○	○	道路ネットワーク	積雪状況69	○	○	
道路名称	○	○	道路ネットワーク	積雪状況70	○	○	MCHデータ
道路種別	○	○	道路ネットワーク	積雪状況71	○	○	
道路番号	○	○	道路ネットワーク	積雪状況72	○	○	MCHデータ
道路名称	○	○	道路ネットワーク	積雪状況73	○	○	
道路種別	○	○	道路ネットワーク	積雪状況74	○	○	MCHデータ
道路番号	○	○	道路ネットワーク	積雪状況75	○	○	
道路名称	○	○	道路ネットワーク	積雪状況76	○	○	MCHデータ
道路種別	○	○	道路ネットワーク	積雪状況77	○	○	
道路番号	○	○	道路ネットワーク	積雪状況78	○	○	MCHデータ
道路名称	○	○	道路ネットワーク	積雪状況79	○	○	
道路種別	○	○	道路ネットワーク	積雪状況80	○	○	MCHデータ
道路番号	○	○	道路ネットワーク	積雪状況81	○	○	
道路名称	○	○	道路ネットワーク	積雪状況82	○	○	MCHデータ
道路種別	○	○	道路ネットワーク	積雪状況83	○	○	
道路番号	○	○	道路ネットワーク	積雪状況84	○	○	MCHデータ
道路名称	○	○	道路ネットワーク	積雪状況85	○	○	
道路種別	○	○	道路ネットワーク	積雪状況86	○	○	MCHデータ
道路番号	○	○	道路ネットワーク	積雪状況87	○	○	
道路名称	○	○	道路ネットワーク	積雪状況88	○	○	MCHデータ
道路種別	○	○	道路ネットワーク	積雪状況89	○	○	
道路番号	○	○	道路ネットワーク	積雪状況90	○	○	MCHデータ
道路名称	○	○	道路ネットワーク	積雪状況91	○	○	
道路種別	○	○	道路ネットワーク	積雪状況92	○	○	MCHデータ
道路番号	○	○	道路ネットワーク	積雪状況93	○	○	
道路名称	○	○	道路ネットワーク	積雪状況94	○	○	MCHデータ
道路種別	○	○	道路ネットワーク	積雪状況95	○	○	
道路番号	○	○	道路ネットワーク	積雪状況96	○	○	MCHデータ
道路名称	○	○	道路ネットワーク	積雪状況97	○	○	
道路種別	○	○	道路ネットワーク	積雪状況98	○	○	MCHデータ
道路番号	○	○	道路ネットワーク	積雪状況99	○	○	
道路名称	○	○	道路ネットワーク	積雪状況100	○	○	MCHデータ
道路種別	○	○	道路ネットワーク	積雪状況101	○	○	
道路番号	○	○	道路ネットワーク	積雪状況102	○	○	MCHデータ
道路名称	○	○	道路ネットワーク	積雪状況103	○	○	
道路種別	○	○	道路ネットワーク	積雪状況104	○	○	MCHデータ
道路番号	○	○	道路ネットワーク	積雪状況105	○	○	
道路名称	○	○	道路ネットワーク	積雪状況106	○	○	MCHデータ
道路種別	○	○	道路ネットワーク	積雪状況107	○	○	
道路番号	○	○	道路ネットワーク	積雪状況108	○	○	MCHデータ
道路名称	○	○	道路ネットワーク	積雪状況109	○	○	
道路種別	○	○	道路ネットワーク	積雪状況110	○	○	MCHデータ
道路番号	○	○	道路ネットワーク	積雪状況111	○	○	
道路名称	○	○	道路ネットワーク	積雪状況112	○	○	MCHデータ
道路種別	○	○	道路ネットワーク	積雪状況113	○	○	
道路番号	○	○	道路ネットワーク	積雪状況114	○	○	MCHデータ
道路名称	○	○	道路ネットワーク	積雪状況115	○	○	
道路種別	○	○	道路ネットワーク	積雪状況116	○	○	MCHデータ
道路番号	○	○	道路ネットワーク	積雪状況117	○	○	
道路名称	○	○	道路ネットワーク	積雪状況118	○	○	MCHデータ
道路種別	○	○	道路ネットワーク	積雪状況119	○	○	
道路番号	○	○	道路ネットワーク	積雪状況120	○	○	MCHデータ
道路名称	○	○	道路ネットワーク	積雪状況121	○	○	
道路種別	○	○	道路ネットワーク	積雪状況122	○	○	MCHデータ
道路番号	○	○	道路ネットワーク	積雪状況123	○	○	
道路名称	○	○	道路ネットワーク	積雪状況124	○	○	MCHデータ
道路種別	○	○	道路ネットワーク	積雪状況125	○	○	
道路番号	○	○	道路ネットワーク	積雪状況126	○	○	MCHデータ
道路名称	○	○	道路ネットワーク	積雪状況127	○	○	
道路種別	○	○	道路ネットワーク	積雪状況128	○	○	MCHデータ
道路番号	○	○	道路ネットワーク	積雪状況129	○	○	
道路名称	○	○	道路ネットワーク	積雪状況130	○	○	MCHデータ
道路種別	○	○	道路ネットワーク	積雪状況131	○	○	
道路番号	○	○	道路ネットワーク	積雪状況132	○	○	MCHデータ
道路名称	○	○	道路ネットワーク	積雪状況133	○	○	
道路種別	○	○	道路ネットワーク	積雪状況134	○	○	MCHデータ
道路番号	○	○	道路ネットワーク	積雪状況135	○	○	
道路名称	○	○	道路ネットワーク	積雪状況136	○	○	MCHデータ
道路種別	○	○	道路ネットワーク	積雪状況137	○	○	
道路番号	○	○	道路ネットワーク	積雪状況138	○	○	MCHデータ
道路名称	○	○	道路ネットワーク	積雪状況139	○	○	
道路種別	○	○	道路ネットワーク	積雪状況140	○	○	MCHデータ
道路番号	○	○	道路ネットワーク	積雪状況141	○	○	
道路名称	○	○	道路ネットワーク	積雪状況142	○	○	MCHデータ
道路種別	○	○	道路ネットワーク	積雪状況143	○	○	
道路番号	○	○	道路ネットワーク	積雪状況144	○	○	MCHデータ
道路名称	○	○	道路ネットワーク	積雪状況145			

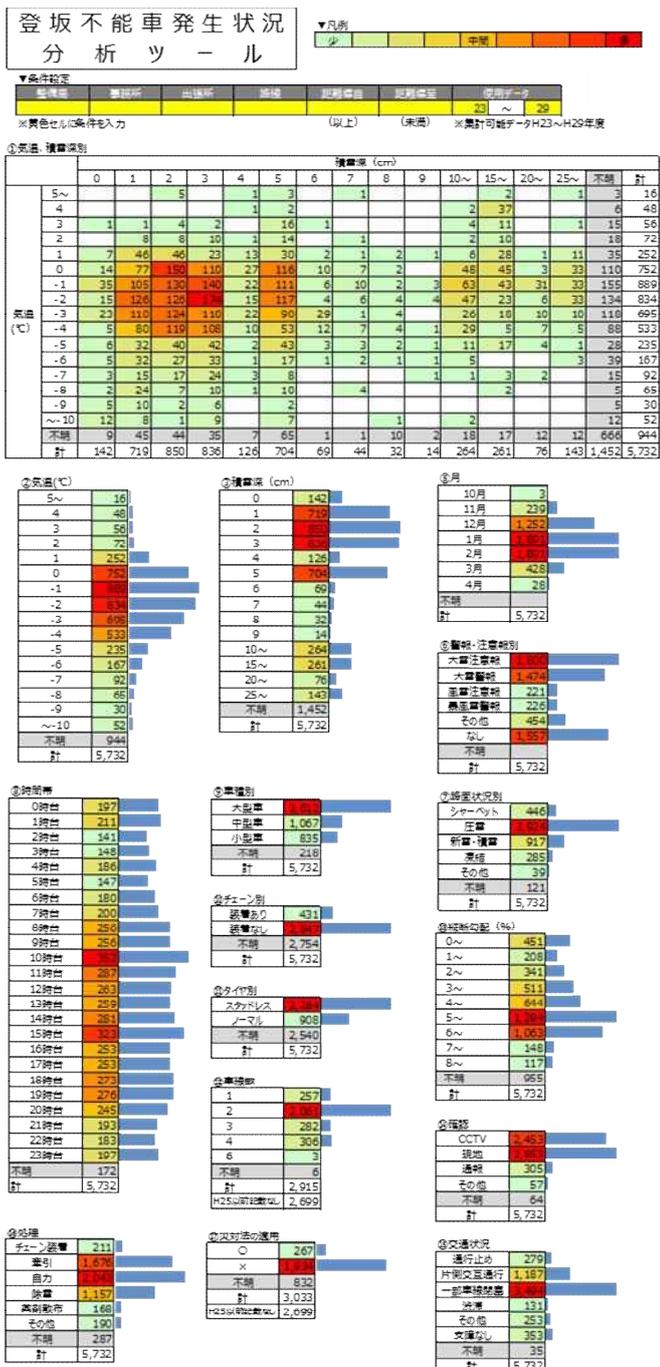


図-2 分析ツール内容 (全国版)

め、異常降雪時に通行止めや規制の計画の作成材料や、交通状況監視カメラの追加設置等の検討材料として活用することも可能である。

さらには、地理院地図の機能も合わせて使用することが可能であるため、登坂不能箇所への航空写真を見ることが可能であることや勾配状況等を画面上で一括して確認することが可能である。



図-3 プロットデータ表示内容

### 3. 2 分析ツール活用について

分析ツールの全国版は16種のデータで登坂不能車発生状況をそれぞれ集計している。

分析の例として、国土交通省北陸地方整備局管内における登坂不能車の発生状況を分析する。

まず、毎年登坂不能車は、全国で図-4に示す件数が発生している。

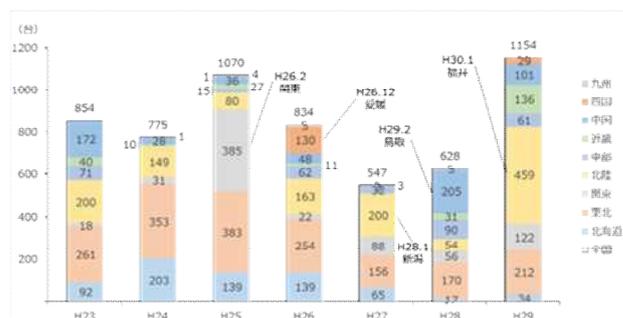


図-4 全国の登坂不能車発生状況

## 3. 登坂不能車データ活用

### 3. 1 登坂不能マップ活用について

登坂不能箇所マップの活用方法としては、図-3に示すようにプロット毎にデータを確認することが可能であるため、地図上で位置及び登坂不能車の発生原因の確認を行う事が可能である。

登坂不能多発箇所及び登坂不能車発生状況、発生箇所の傾向を見ることで、道路管理者が冬期道路管理時に管理区間での注意箇所や気象状況によって、事前に対策等を行う事が可能となる。

また、発生箇所及び発生状況が地図上で確認できるた

全国の登坂不能車発生状況としては、約800台/年の登坂不能車が発生しており、その中でも北陸地方整備局管内は平成29年に異常降雪を除外した場合、図-5に示すように毎年約140台と多くの登坂不能車が発生していることが分かる。

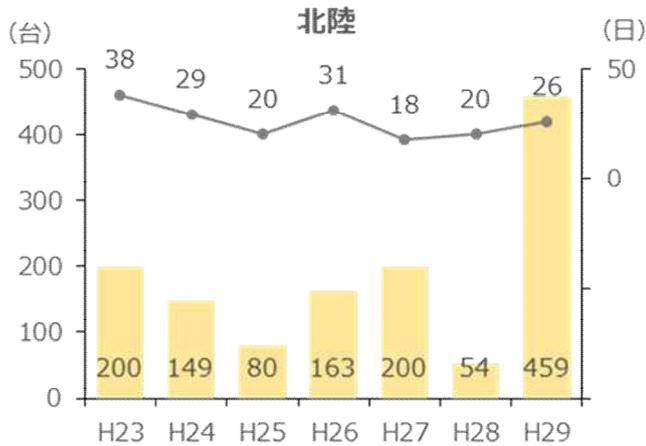


図-5 北陸地整管内登坂不能車発生状況

北陸地方整備局管内での登坂不能車発生時の状況を気温・積雪深・気象状況・路面状況・発生場所の5条件から分析を行う。

まず、登坂不能はどの程度の気温下で発生しているのか。傾向は図-6の通りであり、0～-2℃の間が最も発生しやすい気温となっている。

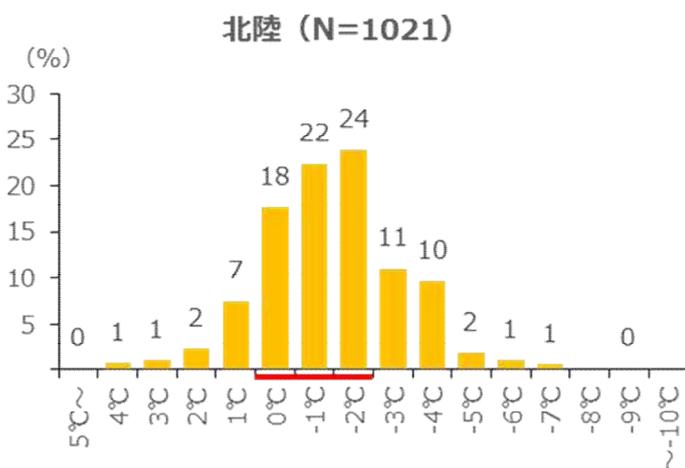


図-6 北陸管内登坂不能車発生時気温状況

次にどの程度の路面積雪で発生するのか。傾向としては図-7で示すように1～3cmの積雪時に登坂不能車が発生する傾向となっている。また、積雪が多い場合よりも降雪初期時点の積雪5cmまでの間で発生しやすい傾向となっている。

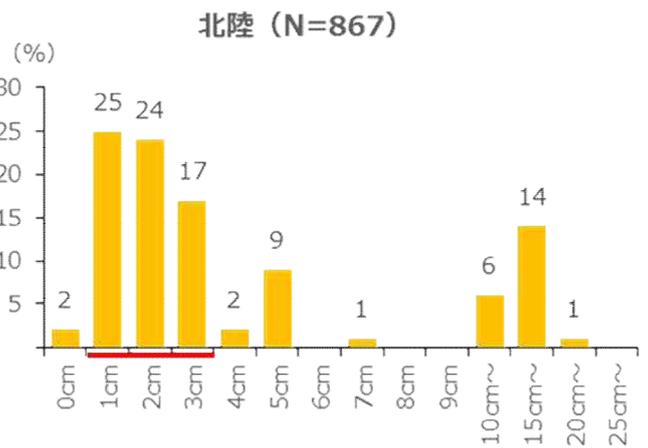


図-7 北陸地整管内登坂不能車発生時積雪深

登坂不能車が発生しやすい気象状況及び路面状況は図-8の通りである。気象状況については気象庁が発表している「大雪注意報」または「大雪警報」発令時に発生している割合は約78%となっている。路面状況については図-9の通りとなる。ほぼ圧雪時に発生しているが路面状況は、自由記入であり判定も難しいことから水分の多いやわらかめの圧雪、ザクレなども圧雪と分類されている場合があるが、一定の積雪状態で登坂不能発生していると考えられる。

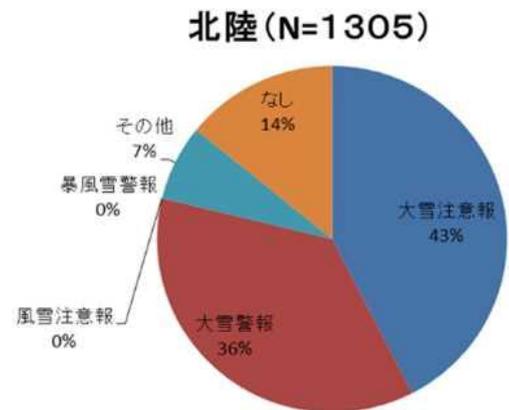


図-8 北陸地整管内登坂不能車発生時気象状況

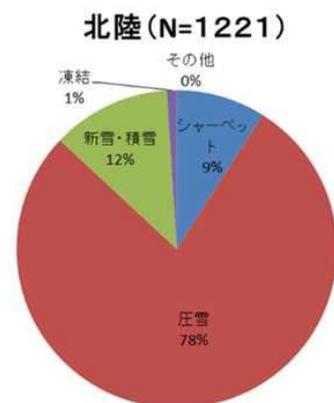


図-9 北陸地整管内登坂不能車発生時路面状況

登坂不能車発生に関する縦断勾配及び信号交差点の関係性は図-10に示す関係性となっている。縦断勾配が5～6%の勾配が急な箇所での発生率が高い印象があるが縦断勾配が3%以下の比較的緩やかな箇所でも登坂不能発生件数は全体で約25%を占めており、決して低い値ではない。また、縦断勾配1%や0%といった勾配がないような箇所においても、信号等で停車または加減速した際に発信不能となっていることが考えられる。そして、図-11から分かるとおり山間部だけでなく平野部・海岸部でも登坂不能車が発生していることが分かる。そのため、多雪地域だけでなく少雪地域の場合でも登坂不能車が発生している。

これまでのことから、国土交通省北陸地方整備局管内における登坂不能車が発生しやすい条件は表-3の条件下で発生しやすいと考えられる。まとめた条件から降雪が始まり路面上に圧雪が発生し始めた状況下において登坂不能が発生しやすい条件であると考えられる。

また、縦断勾配が急な箇所以外にも平地部及び海岸部において緩やかな勾配がある箇所や、支線からの合流が多い箇所においても登坂不能車が発生しやすいと考えられる。

表-3 北陸地整管内登坂不能車発生条件

項目	条件
気温	0℃以下
積雪深	1cm以上の積雪時(10cm以上の場合も発生)
気象状況	大雪注意報または大雪警報発令時
路面状況	路面上に圧雪が発生時
発生場所	縦断勾配5%以上の急勾配または信号交差点密度が高く停車・減速が発生する箇所

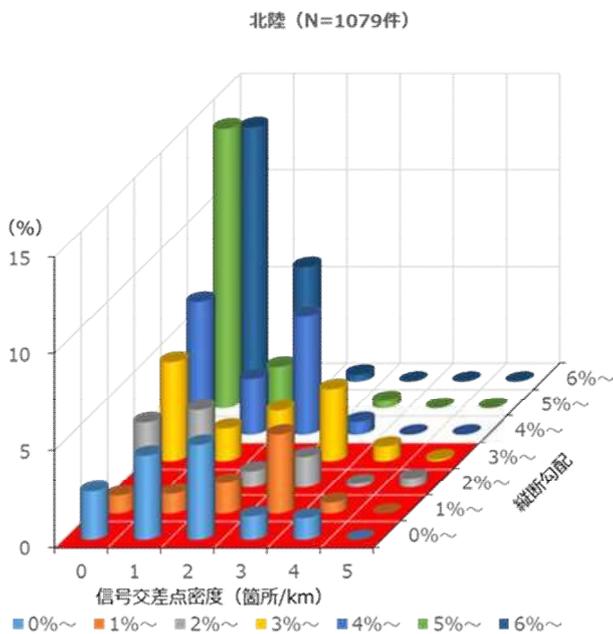


図-10 北陸地整管内縦断勾配信号交差点密度別の登坂不能車発生状況

#### 4. 終わりに

今回、北陸地方整備局管内全域を対象に分析を行ったため、細かな発生条件の分析結果を出すことは出来なかったが、地域別・路線別等条件を限定することでより効果的な分析が可能となる。

今後も国土交通省の各事務所・出張所除雪担当者に登坂不能箇所マップと分析ツールを活用していただき、管理区間において、いつ、どのような条件で登坂不能車が発生するか理解し、事前の対策や冬期除雪体制等を検討することで冬期交通障害に備えていきます。また、今後も十分活用していただけるように各除雪担当者への登坂不能マップ及び分析ツールの周知にも努めていきます。



図-11 北陸地整管内登坂不能車発生箇所

## 非積雪寒冷地の無人S I Cの対策とその結果検証

峰尾 竜哉\*1

### 1. はじめに

本報告では、NEXCO中日本 羽島保全・サービスセンター管内の安八スマートインターチェンジ（以下「S I C」という）及び養老S A S I Cの降雪による対応、取り組み事例を紹介するものである。

安八S I Cは名神高速道路 岐阜羽島I C～大垣I C間に接続される本線直結型のS I Cであり、岐阜県内の名神高速道路では初のS I Cである。

当地区は揖斐川・長良川に挟まれた輪中地帯に多数の工場が立地しており、朝夕の通勤時を中心に交通が集中し、出入交通量は5,600台/日（H31.3月）である。

養老S A S I Cは名神高速道路 養老J C T～関ヶ原I C間にある養老S Aに接続されているS I Cである。出入り交通量は1,500台/日（R1.5月）であり、養老地域の活性化の玄関口として重要である。

### 2. 現況と問題点

両S I Cは有人ではなく、大垣I Cからの遠隔操作による無人料金所であることから、物理的な事象が発生すれば対応できる人員を派遣させる必要がある。

平成30年12月に発生した降雪により、養老S I Cの車両検知器のセンサー部分に着雪が発生したことで、車両通過を認識しない事象が発生した。



写真1 降雪状況

応急的な対応として、人力により車両検知器センサーの着雪を取り除くこととしたが、当該S I Cは無人料金所であり早急で柔軟な対応が難しいことから、機械的に対応すべく検討を行った。

車両検知器のセンサーは、「上部」「中部」「下部」の3層に分離しており、2層以上を遮らないと車両通過の判定をしないシステムとなっている。

検討にあたっては、特に上部及び下部のセンサーに対し検討することとした。

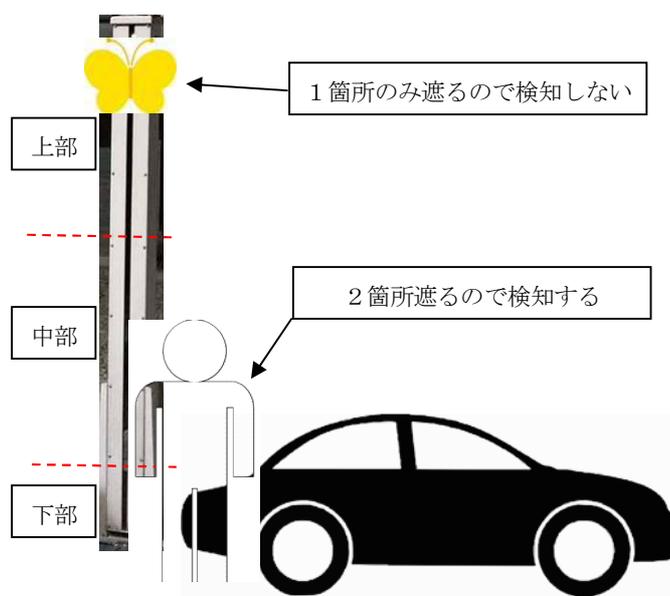


図1 車両検知器

### 3. 車両検知器の対策

#### 3.1 車両検知器上部の対策

車両検知器上部に雪が積もるといずれ落下し、下部センサーによる検知の妨げになる可能性がある。雪氷対応のE T C設備では、上部に雪割りが設置されており、センサー部に落雪しないようになっている。

そこで、当該箇所でも同様に雪割りを設置することを検討したが、特注品であることなどから、設置までに時間を要することが分かった。

事象が発生した12月以降も降雪時期が続くことから、早期に対応すべく雪割りの機能「前方に落雪させないための屋根」をもとに、自作する方向で検討した。

雪割りの材質は「加工が容易」「サビに強い」「安価」「ホームセンター等ですぐ手に入る」ことを条件として検討を重ね、トタン板を採用することとした。

\*1 中日本高速道路(株) 名古屋支社 羽島保全・サービスセンター

作成にあたっては、車両検知器のサイズを仕様書で確認し、現地で微調整を行い検知器上部が全て屋根の下に入るように調整。検知器の点検中に雪割りで手を切るなど負傷しないよう、保護テープで角を処理した。

また、設置にあたっては、工事現場でも使用されている水や紫外線に強い両面テープを使用するとともに、強風が吹く地域でもあることから、飛散防止のためワイヤー掛けをし二重の安全対策も行った。



写真2 雪割り設置状況

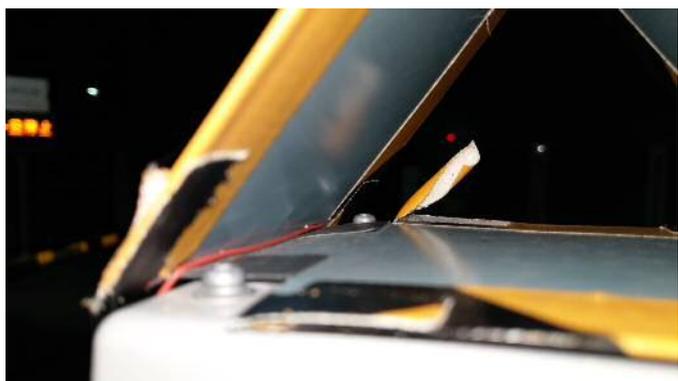


写真3 雪割り固定状況

表1 材料構成

材 料	数量
トタン(厚0.27mm×3尺×3尺)	6枚
両面テープ	1巻
保護テープ	1巻
ワイヤー	5m

表2 設置箇所

S I C	上下線	出入	設置数
安八	—	入口	6
		出口	8
養老	上り線	入口	6
	上り線	出口	8
	下り線	入口	6
	下り線	出口	8
合計			42

試験的に、まずは養老SASICに設置してみたが、設置して以降の降雪がなかったため、効果のほどは不明であるが、屋根の形であることから前方部に落雪の可能性は殆どないものと思われる。

また、設置してから3か月程経過した時点でも自作の雪割りが落下も発生しなかった。

### 3. 2 車両検知器下部の対策

車両検知器の下部に降った雪が堆雪すると、車両検知器センサーを遮り、車両検知が出来なくなってしまう。雪氷対応のETC設備では、センサー前にヒーターを設置したり、上部からのスポットヒーターなどにより融雪を行い対応できるが、当該箇所には設置されていない。

改めて設置するには、雪割りと同様に特注品であることなどから設置までに時間を要することとなるため、冬期間中に対応すべく、応急的対策を検討することとした。

応急対応を進めるにあたり情報収集を行ったところ、スポットヒーターが設置されている箇所では故障等が発生した場合の代替措置として、家庭用AC100Vで発熱するゴム製のヒーターを導入していることが分かったため、当該箇所においても試行的に導入することとした。また、電源確保については、付近のETC設備からAC100Vを給電できない、または給電できる電力量が無いことから仮設電力により電源を確保することとし、ポータブル発電機により電源を確保した。

なお、設置にあたっては、ポータブル発電機やその配線がETCレーンを横断しないように設置位置を工夫し設置した。

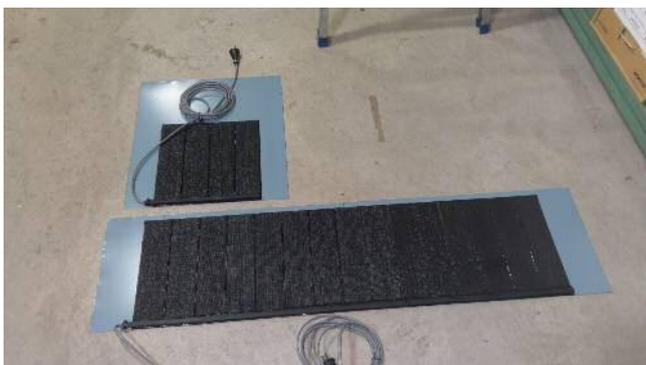


写真3 ゴム製ヒーター

表3 1レーンあたりの使用材料

材 料	数量
ゴム製ヒーター (200mm×400mm)	4枚
ゴム製ヒーター (200mm×600mm)	2枚
ポータブル発電機 (南京錠やチェーンなど盗難防止含む)	3基
ドラムリール	2巻

こちらに対策後に降雪がなく、当該箇所での効果について確認・検証することはできなかった。

ただし、ゴム製のヒーターは他の場所でも実際に稼働しているものであり、その融雪効果は確認されていることから、当該箇所においても有効であると考えられる。

当該箇所は、冬期期間中の降雪が多い場所ではないことから、今回試行的に導入したゴム製ヒーターの設置の手軽さや可動性、経済性など費用対効果を考慮のうえ、応急対応ではなく、当該箇所では本対策として検討していくことも考えている。

そのためには、電源確保も重要となるが、両SICともに外部電源装置が路上に無い。またICやSAの受配電設備の容量に余力があれば外部への電力出力のための多少の改造で済むが、余力が無い場合は、容量確保のための受配電設備の改造を行う必要が出てくるため、これらについては、受配電設備の更新時期などを見極めながら検討する必要がある。

#### 4. 今後の対応

昨シーズンはエルニーニョ現象の影響により暖冬傾向であった結果、小雪となったため、取り組んだ対策の効果検証を行うに至らなかった。

今後、車両検知器への着雪による支障事案を防ぐためには、全レーンにゴム製のヒーターを設置することについて検討を進めていく。

この際、電源確保について、受配電設備の更新等が行われるまでの間は、ポータブル発電機を活用することになるが、常に稼働できるようメンテナンスを行うとともに、ゴム製ヒーターも含め、降雪時には誰しものが設置・起動することができるよう、起動方法などを周知しておく必要がある。

また、雪割りやゴム製ヒーターを設置したことに満足せず、雪氷期間前には雪氷を行う作業員などに、車両検知器の雪はらいの方法なども周知するなど、ソフト面でも反省点を生かし工夫して対応していく必要がある。



写真4 ゴム製ヒーターの設置状況

また、当該製品は持ち運びが可能であるため、降雪予測があった場合や降雪が始まった際に設置することとした。併せて電源確保のためのポータブル発電機についても普段は別の場所に保管しておき、ゴム製ヒーターを設置する際に併せて現地に設置する運用とした。

なお、ポータブル発電機は現場付近に仮置きしている状態であるため、チェーンと南京錠により盗難防止対策を実施した。



写真5 ポータブル発電機の盗難防止状況

## 5. おわりに

当該箇所では、年間降雪量が少ないため車両検知器への着雪対策が実施されていなかったところであるが、昨今の降雪などの気象状況を踏まえ、当初の設備設計段階での着雪対策等の検討が必要であるとともに、供用後も状況の変化に応じて設備更新時期なども考慮しつつ、臨機に対策を講じていく必要があると感じた。

また、無人S I Cという点においても設備運用にあたり、有人のS I Cと同様なサービス水準を確保できるようオペレーション面でも十分に検討しておく必要がある。

今回発生した課題とそれに対する対応を踏まえ、今後のS I C整備に携わる人々に伝え、より便利で安全安心なS I C整備に寄与していきたい。

# E41東海北陸自動車道 白鳥～飛驒清見間の4車線化事業に伴う 雪氷対策作業の効率化について ～4車線化事業により雪氷対策作業はどう変わったか～

新家俊明\*1 濱中亨\*1 下嶋稔\*2

## 1. はじめに

東海北陸自動車道（E41）は、愛知県一宮市から岐阜県を經由して富山県砺波市に至る中部（東海地方と北陸地方）を横断する高速自動車国道である。

うち郡上八幡IC～白川郷IC間は高山保全・サービスセンターで管理しているが、標高では、郡上八幡ICの300mから高速道路標高日本一の松ノ木峠PA1085mと高低差もあり、気象も高鷲(分水嶺)までが太平洋側、高鷲以北が日本海側の気象となっているため冬期の交通の確保のため細心の注意をはらって作業をしている。

さらに、白鳥IC～飛驒清見IC間は、2012年度からの4車線化事業の工事がなされて2018年度に（2018年7月の災害箇所を除き）4車線化事業が完了した。

本文は、2018-19年の4車線化後の雪氷対策作業についてまとめ、4車線化に伴い雪氷対策作業が、「どう変わったか」「何がよくなったか」「新たな問題点はなかったか」を報告し、今後の豪雪地帯の4車線化事業の参考になれば幸いである。

## 2. 雪氷対策作業の概要

高山保全・サービスセンターの雪氷対策作業は、①郡上八幡～白鳥間（白鳥基地）②白鳥～荘川間（荘川基地）③荘川～飛驒清見間（清見基地）④飛驒清見～白川郷間（白川基地）の4ブロックに分けて、全て北から南（上り）に向かい、反転後に南～北（下り）に行っている。

標準的機械構成は、散布時は2台（本線、ランプ）で除雪時は本線3台（うち1台は兼用）、ランプ2台（うち1台は兼用）の計5台で1梯団とし作業している。

## 3. 雪氷対策作業の比較方法

雪氷対策作業の比較は、その年の降雪状況により作業も異なるため、過去5年間で一番降雪状況に近い年度を抽出した。また、区間も4車線化に関係ある白鳥～飛驒清見間（荘川基地と清見基地）のみで比較し、2015年度（2015-2016）と比較することにした。（図-1～3 参照）

さらにランプは、4車線化には関係しないため本線のみでの比較とした。

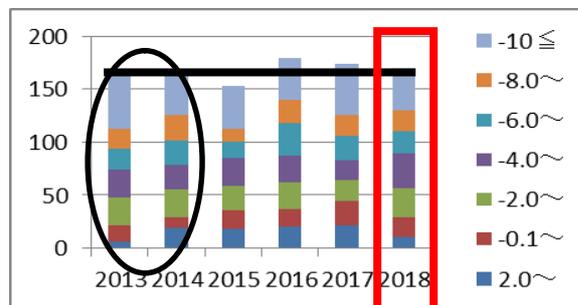


図-1 日最低気温 (2°C以下) の日数 (日)

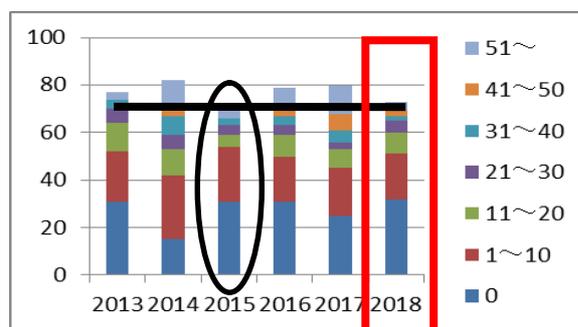


図-2 日降雪量毎の降雪日数 (日)

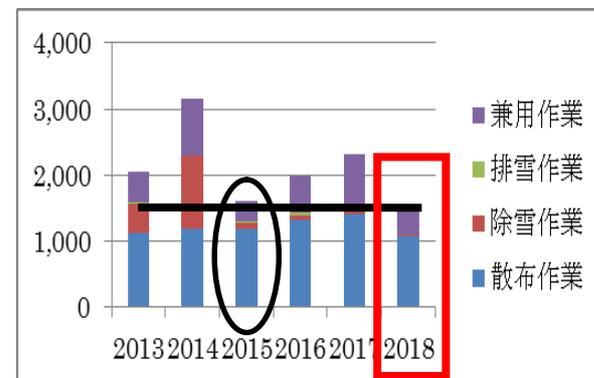


図-3 作業・基地毎の作業回数 (回)

## 4. 凍結防止剤の散布量 (予定)

暫定2車線（2015）時は、荘川、飛驒清見基地ともに固形剤4 t と湿塩のための溶液2m<sup>3</sup>、ランプ用に固形剤1 t と湿塩のための溶液1m<sup>3</sup>を積込み散布していた。

荘川：本線用 4 t + 2m<sup>3</sup>      ランプ用 1 t + 1m<sup>3</sup>

清見：本線用 4 t + 2m<sup>3</sup>      ランプ用 1 t + 1m<sup>3</sup>

\*1 中日本高速道路(株) 名古屋支社 高山保全・サービスセンター

\*2 中日本ハイウェイメンテナンス名古屋(株) 高山事業所

完成4車線時は、4車線化に伴い増えた面積を考慮すると、本線は2台が必要であるが、機械台数もあり、ランプ用車の積載量で調整した。

荘川：本線用 3t+2m<sup>3</sup>    ランプ用 3t+2m<sup>3</sup>  
 計 5t+2m<sup>3</sup> ⇒ 6t+4m<sup>3</sup>    +143%  
 清見：本線用 4t+2m<sup>3</sup>    ランプ用 2t+1m<sup>3</sup>  
 計 5t+2m<sup>3</sup> ⇒ 6t+2m<sup>3</sup>    +114%

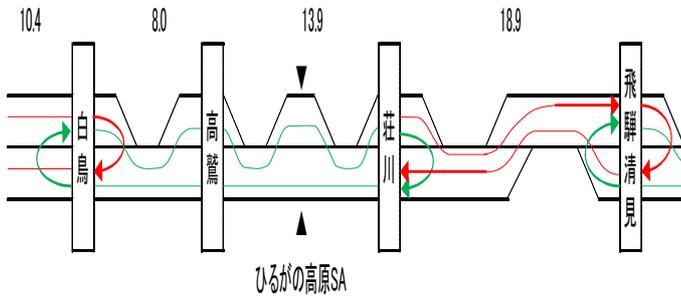


図-4 暫定2車線時の作業

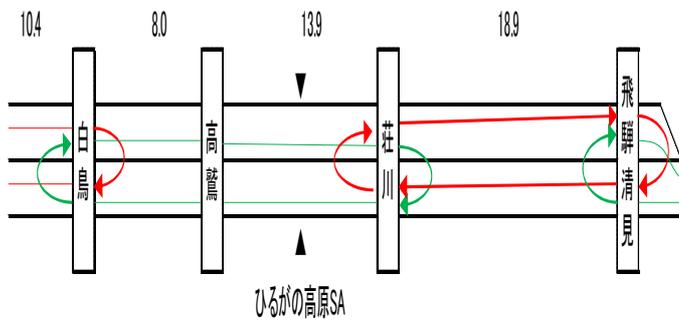


図-5 完成4車線時の作業

## 5. 凍結防止剤の散布量（結果）

### (1) 白鳥～荘川間（荘川基地）

白鳥～荘川間の凍結防止剤の散布量は、142%と設定した積込み量どおり（143%）と当たり前の結果となった。



図-6 各基地における凍結防止剤の散布量

### (2) 荘川～飛騨清見間（清見基地）

荘川～飛騨清見間の凍結防止剤の散布量は、

106%と設定した積込み量より少なかったが、これは、当該区間が散布量の少ない初冬期、終冬期に少なかったためと考えられる。

## 6. 除雪（兼用）作業の構成

除雪作業は、本線を追越、走行、路肩（散布）の3台とランプ部を車線、路肩（散布）の2台の計5台で行っている。暫定2車線時は、追越車線の1台は不要であるが、連絡等施設、休憩施設、付加車線（登坂、ゆずり等）の片側2車線となるため必要となる。

表-1 荘川基地における雪氷車両の台数

	除雪車	湿塩散布車	散水車	ロータリー除雪車	トラクター・ショベル
2015	4	2		1	1
2018	6	4		2	1
増減	2	2	0	1	0

表-2 飛騨清見基地における雪氷車両の台数

	除雪車	湿塩散布車	散水車	ロータリー除雪車	トラクター・ショベル
2015	2	1	1	1	1
2018	6	5	1	2	1
増減	4	4	0	1	0

上記の台数は、4車線化により必要な台数として増えているのではなく殆どが他の保全・サービスセンターからの「借り物」である。高山（保）の保有車両は、塩害により老朽化が目立ってきており、早急な車輛の更新が必要である。

## 7. 除雪（兼用）作業（実績）

### (1) 白鳥～荘川間（荘川基地）

白鳥～荘川間の各作業の回数（延長）は、109%程度と微増であった。

表-3 荘川基地における各作業状況

	除雪作業		凍結防止剤散布作業				合計	
	除雪作業		兼用作業		散布作業			
	回数(回)	延長(km)	回数(回)	延長(km)	回数(回)	延長(km)	回数(回)	延長(km)
2015	156	3,515	133	2,962	407	8,976	696	15,454
2018	173	3,857	166	3,683	407	9,340	746	16,880
増減	17	341	33	720	0	364	50	1,426
	110%		124%		104%		109%	

(2) 荘川～飛驒清見間（清見基地）

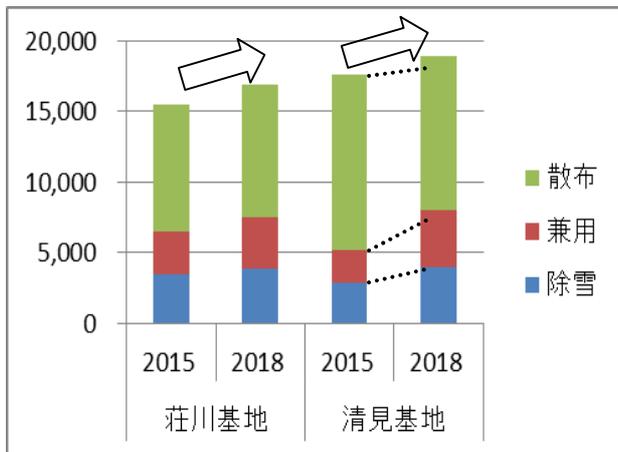
荘川～飛驒清見間の各作業の回数（延長）は、108%程度と微増であった。

表－4 清見基地における各作業状況

	除雪作業		凍結防止剤散布作業				合計	
	除雪作業		兼用作業		散布作業			
	回数(回)	延長(km)	回数(回)	延長(km)	回数(回)	延長(km)	回数(回)	延長(km)
2015	76	2,925	60	2,275	257	12,344	392	17,544
2018	104	3,944	109	4,120	286	10,818	499	18,882
増減	29	1,019	49	1,846	29	-1,527	107	1,338
	135%		181%		88%		108%	

(3) 2車線（2015）と4車線（2018）の比較

2車線（2015）と4車線（2018）の作業においては、各基地ともに微増していた。しかし、作業の内訳では、凍結防止剤散布作業が減となり、兼用作業が増えている。これは、2018年度は凍結防止剤がメインの初冬期、終冬期の作業が少なかったこともあるが、4車線の場合は、走行車線に比べて追越車線の交通量が少ないため除雪も必要になったと考えられる。



図－7 2車線（2015）と4車線（2018）の比較

8. 暫定2車線と完成4車線の雪氷対策のまとめ

暫定2車線（2015）と完成4車線（2018）は、積雪量が同じであっても全く同じ状況でないため一概に効率的になったかわかりにくい下記のように考える。

(1) 凍結防止剤散布作業

凍結防止剤の散布量は、概ね30%増えているが、作業は10%程度しか増えていない。

作業効率としては20%程度（30%－10%）が効率的に散布出来たと考えられる。

(2) 除雪（兼用）作業

除雪する道路面積（追越車線）は、概ね30%増えているが、作業は10%程度しか増えていない。

作業効率としては20%程度（30%－10%）が効率的に散布出来たと考えられる。

ただし、梯団のうち1台目（2台目）の追越車線を作業する車輛に限ると暫定2車線時は、殆ど回送していたのが、2～3倍の作業量となった。

(3) 雪氷対策作業のまとめ

今まで述べてきたように、雪氷対策作業は、今後ともデーターを分析して比較しなければならない。

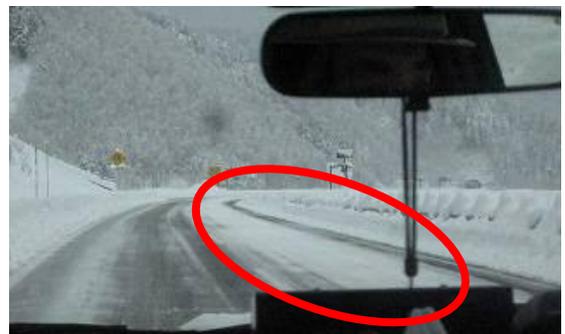
ただし、凍結防止剤の散布作業のランプ車は、毎回1t・1m3しか積み込まずに走っていたものが、同じ車で3倍以上は散布するようになり、除雪車のうち追越車線車は、連絡等施設付近、休憩施設付近の4車線区間のみであったのが全ての区間を除雪するようになった。

9. 新たな雪氷対策作業の問題点

今までは、暫定2車線（2015）と完成4車線（2018）の雪氷対策作業の効率化について述べてきたが、新たな問題点も生じている。以下に4車線化事業を行う前の設計、計画段階から配慮すべく考える問題点について述べる。

(1) 追越車線の除雪作業

前述したように追越車線は交通量が少ないため走行車線は除雪する必要がないのに追越車線のみ除雪が必要となる場合も多い。このため暫定時で雪氷期に事故が多発している箇所は、4車線化時に追越車線のみ凍結抑制舗装をするなど予め対策を行うべきと考える。



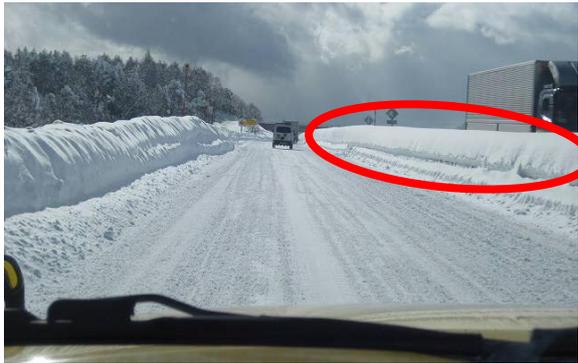
写真－1 走行車線と追越車線の路面状況

(2) 中央分離帯防護柵の雪庇対策

同一断面区間は、中央分離帯が両面（ブロックアウトタイプ）の防護柵で雪が積もりやすく、大きな

雪庇となって倒壊のリスクが高まる。

梯団による除雪時に追越車線除雪車（1号車）に治具を設けて雪庇ごと除雪することが望ましい。



写真一 中央分離帯の雪庇対策

### (3) 分離区間の中央分離帯のり面の雪庇対策

トンネル等により分離断面となりかつ高低差が大きい場合は、中分側のり面の雪庇、除雪対策が必要である。



写真二 分離区間の中央分離帯のり面の雪庇

### (4) 暫定2車線時に4車線区間の凍上対策

連絡等施設付近の暫定2車線時の4車線区間は、何も対策（改良）されず、建設時の対策のまま取り残されたようになってしまい凍上が頻発した。

荘川IC付近は、「お客さまの声」への意見が6件も寄せられた。



写真三 荘川IC付近の凍上状況

### (5) トンネル区間の車線シフト（持ち込み雪対策）

除雪時に除雪車によりトンネル坑口に持ち込まれてしまう。完成4車線時には、追越車線分の雪が余分にトンネル内に持ち込まれてしまう。

暫定車線の簡易中分を撤去時に車線を50cmシフトさせることにより路肩に堆雪出来る幅が生まれる。これは、トンネル内よりも手前の土工部の影響が大きい。



写真四 トンネル坑口の持ち込み雪



写真五 車線のシフトによる堆雪余裕

## 10. まとめ

今までは、東海北陸自動車の白鳥～飛騨清見間の4車線化事業により雪氷対策がどう変わったか述べてきたが、暫定2車線（片側1車線）でも完成4車線（片側2車線）でも冬期の「お客様の安全な交通の確保」というわれわれの使命は変わらない。

4車線化により高鷲TN（KP84付近）を先頭とした渋滞、後尾での事故がなくなったことは勿論、大雪によるスタック車や路肩がないトンネル内での故障（ガス欠）でも通行止めになるリスクがなくなったことは、一番の成果である。

暫定2車線となっている区間は、豪雪、多雪地区を通過する区間も多い。完成4車線の設計段階から4車線区間の問題点を洗い出し、建設・保全が更に一体となって取り組む必要があると感じた。

# 矢板工法トンネルの漏水対策 ～つららをなくせ～

山崎哲也\*1 八木弘\*1

## 1. はじめに

高速道路のトンネルは、昭和30年代から建設が始まり、現在では、累計約1,800kmの供用延長となっている。昭和58年にNATMが標準工法となり、それ以前は矢板工法にて施工されていた。そのため、全体の21%が矢板工法で作られており、ほとんどが供用後30年を超える。NATMと矢板工法の違いは下記のとおり。

### ■NATM

・吹付けコンクリートと覆工の間に防水工が設置されるため、漏水が少ない

### ■矢板工法

・覆工のコンクリート打設は「逆巻き」が多いため、水平打ち継ぎ目ができる  
・防水シートの施工が困難なため、漏水が多い

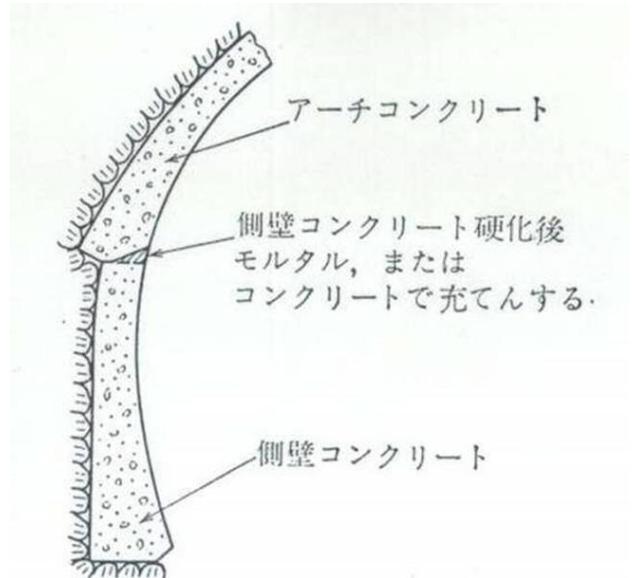


図1 水平打ち継ぎ目（せめ部）

## 2. 課題

### 2.1 矢板工法トンネルに発生しやすい不具合

#### (1) 上・下半の打ち継ぎ目（せめ部）の漏水

逆巻きで覆工コンクリートが打設されるため、上半と過半の間に水平打ち継ぎ目ができる（図1）。打ち継ぎ目のコンクリート打設は難しいため、あとから、充填モルタルなどで、断面修復などを行うことがあった。そのような充填モルタルなどは、経年劣化などで、はく落することがある。水平打ち継ぎ目からの漏水も多い（写真1）。



写真1 せめ部からの漏水

#### (2) 横断打ち継ぎ目からの漏水

矢板工法は基本的に施工中に水処理する程度（写真2）で、NATMのような防水工は施工されていない。そのためひび割れや横断打ち継ぎ目などからの漏水が多い。漏水は冬季には「つらら」や「氷柱」（写真3, 4）の原因となる。つららは落下すれば交通の障害になる可能性があるため、毎朝「低速走行規制」にて撤去しなければならず、多くの労力を要する（写真5）。



写真2 矢板工法の水処理

\*1 中日本高速道路(株) 技術・建設本部技術支援部

### 3. 対策例

#### 3.1 つらら対策

##### (1) 覆工再生工法

矢板工法トンネルにも、NATMのような防水工を設置し、漏水を防止することを目的に「覆工再生工法」を検討している。「覆工再生工法」は、矢板工法トンネルの既設覆工コンクリートの一部を切削して防水工を施工した後、新たな覆工を内側に構築するもの。高速道路は長期の通行止めは困難なため、プロテクターを設置し、交通を確保しながらの施工を検討している。施工の手順は下記のとおり。

##### ① ロックボルトによる先行補強工

切削する覆工コンクリート分の支保耐力を担保するため、ロックボルトにより先行補強を行う（図2）。

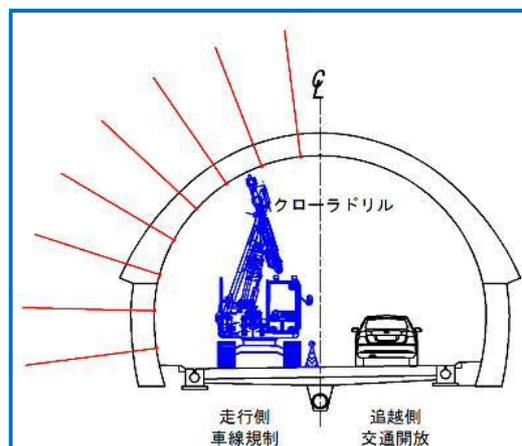


図2 先行補強工

##### ② 覆工切削工

既設覆工を部分的に切削する（図3）。

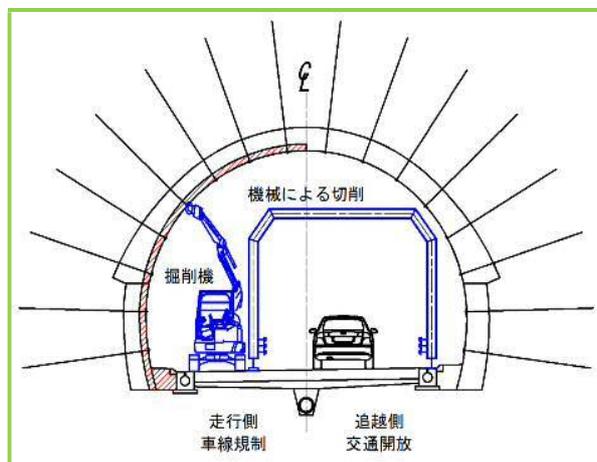


図3 覆工切削工



写真3 氷柱



写真4 氷柱

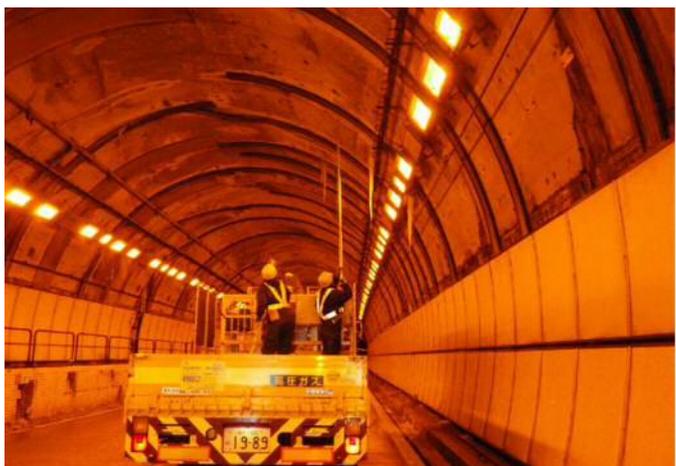


写真5 つらら除去作業

### ③ 防水工施工

NATMの覆工と同等の防水工を施工する（図4）。

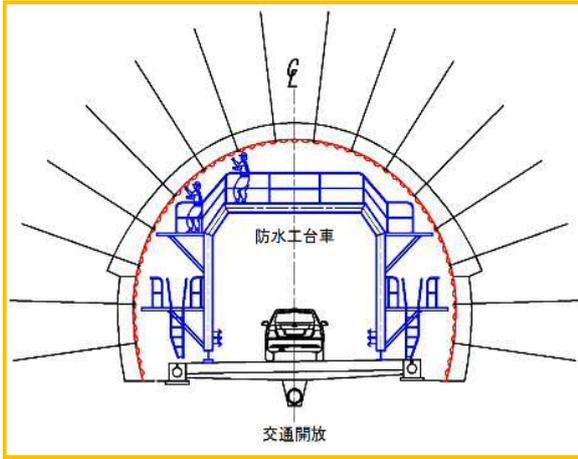


図4 防水工施工

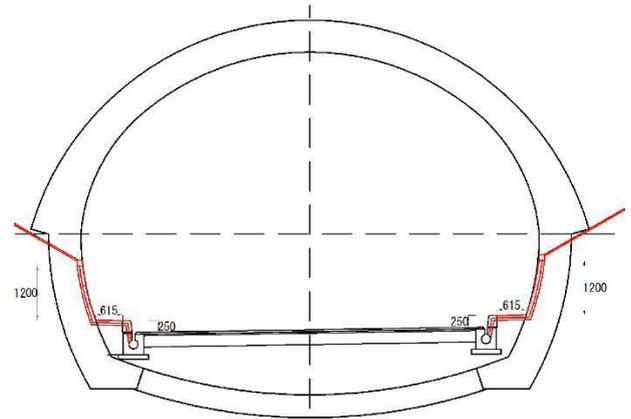


図6 導水工イメージ

### ④ 再生覆工打設

覆工を打設（再生）する（図5）。

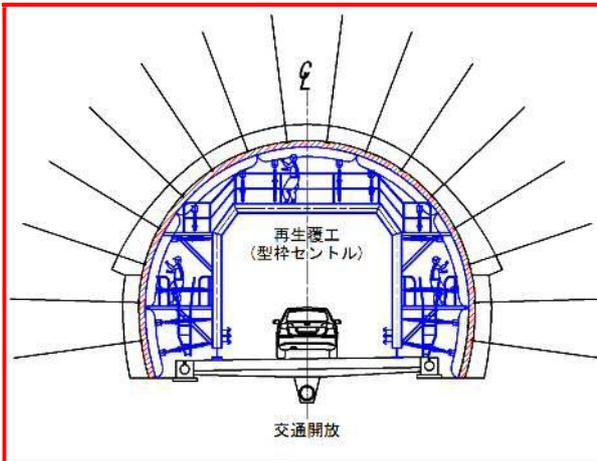


図5 再生覆工打設



写真6 せめ部への削孔状況

## 3.2 氷柱対策

### (1) 導水工

漏水の多い箇所（おもにせめ部）に削孔（写真6）し、水抜き孔を施工する（写真7）。漏水が外気に触れると凍結するため、覆工を切削し埋設配管（写真8）で円形水路へ導水する（写真9）。図6に導水工のイメージを示す。



写真7 水抜き孔状況



写真8 埋設配管施工状況



写真9 円形水路への配管

#### 4. まとめ

「覆工再生工法」は現在検討中技術であり、今後、実施工に移行する。「導水工」は施工したばかりで、まだ冬を超えていないため、この冬の状況を確認し効果の検証を行う。これら技術の成熟が図られれば、つらら、氷柱に悩まされている他の現場（矢板工法トンネル）へ展開し、保全業務の効率化につなげていきたいと考えている。

より安全で快適な高速道路を提供できるよう、日々検討を重ねてまいります。