

第 32 回ふゆトピア研究発表会 論文一覧 目次

セッションⅡ【冬期に生じる災害の支援・復旧】

No.	発表題名	発表者所属	著者名	頁
1	ヒートポンプ式下水熱融雪システムに関する実証研究	株式会社興和 水工部	小酒 欽弥 藤野 丈志 五十石 浩介	55
2	待避所におけるヒートパイプを活用した登坂不能対策について	国土交通省 北陸地方整備局 長岡国道事務所 防災情報課	瀧澤 大地 大崎 智	59
3	平成 24 年 11 月 登別市及びその周辺で発生した冬期の 大規模停電について	①一般社団法人 北海道開発技術センター 調査研究部 ②登別市連合町内会事務局 ③登別市総務部	①檜澤 肇 ②鳴海 文昭 ③山本 賢二	63
4	大雪災害時におけるスノーモビルの活用	東日本高速道路株式会社 新潟支社 湯沢管理事務所	鴻江 雄太 細川 迭男 岡部 知巳 千明 裕之	69
5	大雪時広域連携による除雪体制構築のタイムラインに対応 した路面積雪状況の予測	国土交通省 国土技術政策総合研究所 道路構造物研究部 道路地震防災研究室	横田 昭人 片岡 正次郎	71
6	冬期の地域協働イベントと連携した地区防災の取り組み ～知床の全ての人が逃げ切れるまちづくりを目指して～	①株式会社ドーコン交通事業本部交通部 ②国土交通省 北海道開発局 網走開発建設部 ③まちづくりグループ しれとこ・ウトロフォーラム 21 ④跡見学園女子大学 ⑤北見工業大学 ⑥株式会社ドーコン交通事業本部 防災保全部 ⑦国土防災技術株式会社 技術本部 技術部	①金田 武 ②神 明義 ③桜井 あけみ ④鍵屋 一 ⑤高橋 清 ⑥及川 宏之 ⑥村澤 直樹 ⑥橋本 泰輝 ⑦大沼 乃里子	75
7	インターネットサイト「吹雪の視界情報」の利用者アンケート結 果について	国立研究開発法人 土木研究所 寒地土木研究所	大久保 幸治 原田 裕介 武知 洋太 大宮 哲 高橋 丞二 松澤 勝	79
8	暴風雪時の立ち往生に関する検討事例 ～暴風雪時の効 果的な対応に向けて～	①国土交通省 北海道開発局 室蘭開発建設部 道路整備保全課 ②株式会社ドーコン防災保全部	①山崎 英雄 ①菅野 圭一 ②石井 孝典	85
9	近年の降雪による速度低下や交通障害発生に関する一考 察	開発技建株式会社	佐藤 吉一 飯田 雅之 伊藤 潤	89

No.	発表題名	発表者所属	著者名	頁
10	大雪発生頻度の簡易推定手法	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 雪氷チーム	松下 拓樹 高橋 渉 高橋 丞二	93
11	一回の暴風雪の厳しさを評価する指標の提案に向けた取り組み	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 雪氷チーム	原田 裕介 大宮 哲 武知 洋太 高橋 丞二	97
12	胆振東部震災被害が長期的に冬期道路管理に与える影響について	①胆振総合振興局 室蘭建設管理部 災害復旧推進室 ②株式会社シーイーサービス	①佐藤 雅史 ②星野 洋	101
13	国道38号樹海峠における車両スタック発生時の対応と課題	国土交通省 北海道開発局 旭川開発建設部 道路整備保全課	久保田 良司 近江 隆洋	105
14	高速道路における冬期の交通確保に向けた取り組み	中日本高速道路株式会社 名古屋支社 保全・サービス事業部 保全課	南 準也	109

ヒートポンプレス下水熱融雪システムに関する実証研究

小酒欽弥、藤野丈志、五十石浩介*1

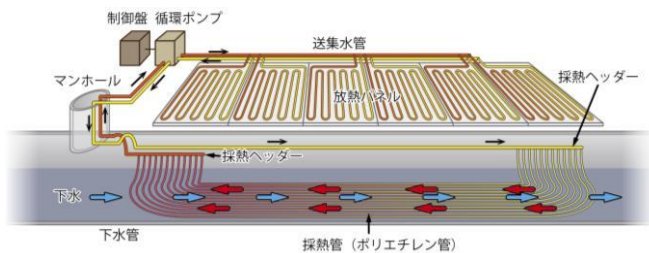
1. はじめに

下水熱は、下水道管渠ネットワークを通じて都市に豊富に存在する低炭素化効果の高い未利用エネルギーである。外気温に比べて季節間の温度変化が小さい特長があり、冬期の温熱や夏期の冷熱での利用が期待されている。

本研究は、国土交通省国土技術政策総合研究所の委託研究である平成30年度下水道革新的実証事業（以下、H30_B-DASHプロジェクト）のうち、実証研究に採択された「他の熱源よりも低コストに融雪できる下水熱融雪技術」の採択事業として（株）興和・積水化学工業（株）・新潟市が共同研究体として実施したものである。

2. システムの革新的技術と事業目標

本研究のシステム（以下、本システム）は、下水熱を用いる場合に通常利用するヒートポンプを使わず、循環ポンプでブラインを循環させるだけで下水管内に設置した採熱管と熱交換する「ヒートポンプレス」であることが特長となっている（図－1）。このシステムに、高熱性能採熱管、高熱性能舗装、片押し対向流方式の熱交換、遅いブライン流速の4つの革新的技術を採用することで、表－1に示すCOP（Coefficient of performance※融雪必要熱量÷施設消費電力量）10以上、50年換算で従来システム（温水ボイラー融雪施設）比で-10%のシステムコスト削減を事業目標として研究を行った。



図－1 システム概要

表－1 事業目標

目標項目	達成目標
高COP	本システム運用時にCOP10以上。（既存システム※では3～4）
低コスト	本システムコスト（50年換算）を従来システム※から10%以上削減。

※従来システム：温水ボイラー利用融雪施設

※既存システム：高熱性能材料を用いない
折り返し方式の下水熱融雪施設

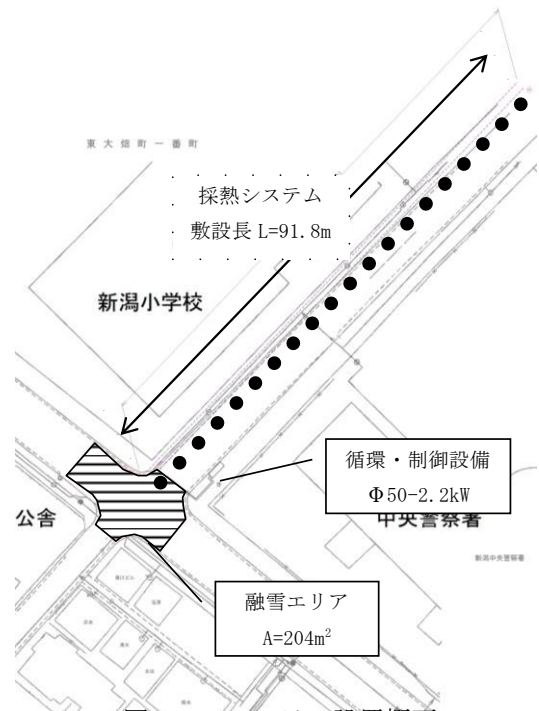
3 施設位置および構成

本システムは、図－2に示す新潟県新潟市中央区の交差点車道部に設置した。本箇所は、小学校や警察署が隣接し、歩行者も多い交差点である。

融雪対象面積は204 m²、必要熱量25.1 kW（設計時間降雪深1.49 cm/h）で設計した。採熱は、Φ1000の合流式下水管にΦ17の高熱性能採熱管を24ユニット分、延長91.8 mに設置した。制御は、降雪と路面温度の2要素で行い、循環ポンプは2.2 kWを採用した。システムの設置個所を図－2に、各施設の概要を図－3に、システムの各設備を写真－1～写真－4に示す。



図－2 研究システム設置位置図



図－3 システム設置概要

*1 株式会社興和 水工部（代表 TEL 025-281-8811）



写真-1 放熱パネル



写真-4 循環設備



写真-2 下水管内の採熱管敷設状況



写真-3 下流側採熱ヘッダー（カバー設置前）

3 観測方法

本システムは、採熱能力、放熱能力を下水温度や路面温度から検証することを目的に、循環水温度を放熱パネルの入口、出口と採熱管の入口、出口の計4箇所、循環流量を1箇所、舗装温度を1箇所、下水温度を2箇所で測定して観測を行った。

写真-5は設計以下の降雪で路面状況を確保している状況である。一方、設計以上の降雪では一時的に写真-6の路面状態になる。この写真-6の状態が放熱条件に合致する路面状態であることから、この時間帯の観測データを式-1に当てはめて熱交換量の算出を行った。

$$Q = C \times \frac{F}{60000} \times \frac{\rho}{1000} \times (T_b - T_a) \quad \text{式-1}$$

Q：熱交換量(kW)

C：不凍液比熱(冬季：3,680 J/g・℃)※

※濃度40%10℃の値を想定。

F：循環流量(L/min)

ρ ：密度(1,045 kg/m³)

T_b：放熱管還り温度(℃)

T_a：放熱管行き温度(℃)



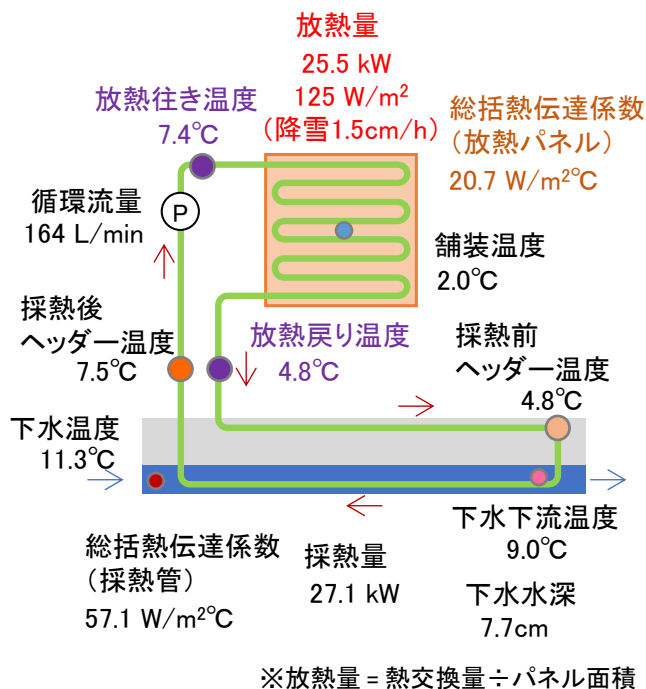
写真-5 設計以下の降雪時の路面状況



写真－6 放熱条件に合致する路面状況（性能解析）

4 熱交換能力

観測中の安定放熱時の各測定温度・流量ならびに熱高慢能力の解析結果の一例を図－4に示す。設計条件の路面状態では必要熱量 25.1 kW を上回る 25.5 kW の放熱量を確認した。このとき、循環水温度は放熱行き温度で 7.4℃、放熱戻り温度で 4.8℃で行き戻り温度差は 2.6℃であった。



図－4 安定放熱時の各測定値と放熱量解析結果

5 事業評価

(1) COP

本システムのCOPは式－2に示すとおり、熱交換能力を消費電力で割ったもので評価する。観測は平成30年12月26日～平成31年2月28日の期間で行い、データを解析した。

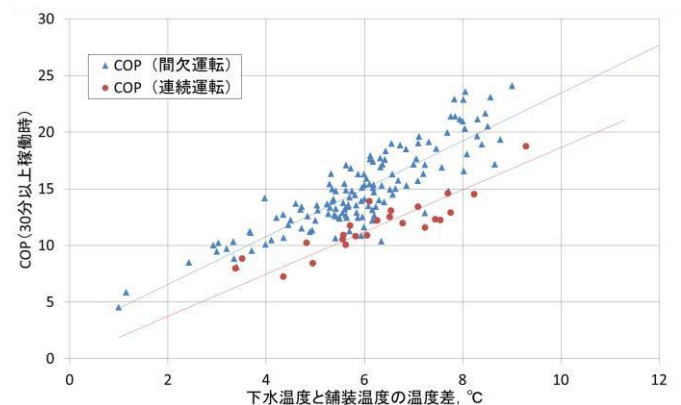
$$\text{成績係数 (COP)} = \frac{\text{熱交換能力 (融雪能力)}}{\text{消費エネルギー}} \quad \text{式－2}$$

測定条件別の COP を表－2に示す。本システムでは路面温度が高いときに運転と停止を繰り返す間欠運転を採用している。間欠運転が連続運転より COP が高いのは運転停止中に循環水が下水熱で温められてから放熱パネルに戻るためである。観測の結果、全期間の平均 COP は 13.9 となり、事業目標である COP10 以上を達成した。

表－2 測定条件別の COP

運転状況		間欠運転	連続運転
路面温度 Tp	Tp > 4.5℃	14.9	
	3.0℃ < Tp ≤ 4.5℃	12.4	
	Tp > 3.0℃		11.4
	Tp ≤ 3.0℃		13.2
降雪時			13.9
運転条件別平均		14.0	13.5
全期間平均		13.9	

また、観測した下水－舗装温度差と COP の関係を整理したものを図－5に示す。下水温度と舗装温度の差が大きいほど COP が高いことが分かる。本システムでは、連続運転時は舗装－下水の温度差が 5℃以上で COP10 以上、間欠運転時は 3℃以上で COP10 以上を達成する結果となった。



図－5 下水－舗装温度差と COP の関係

(2) 事業コスト

本システムを参考に、融雪能力と運転時間、採熱規模を固定した条件で、50 年換算のシステムコストを比較した結果を表－3に示す。条件 1 の 200 W/m²かつ運転 2000 時間は札幌や東北・北陸の山間部を、条件 2 の 125 W/m²かつ運転 1000 時間は新潟など北陸の平野部を想定した。建設費が条件 2 の 125 W/m²より条件 1 の 200 W/m²が安価なのは、同一採熱規模で融雪面積が小さくなるためである。

総費用の縮減割合は、必要な融雪能力が高く運転時間が長いほど大きく、融雪能力が低く運転時間が短いエリアほど小さくなるが、いずれの想定条件でも縮減割合は事業目標である 10%を上回り、条件 1 の場合で 34.0%、条件 2 の場合で 13.7%の縮減を達成できる見込みとなった。

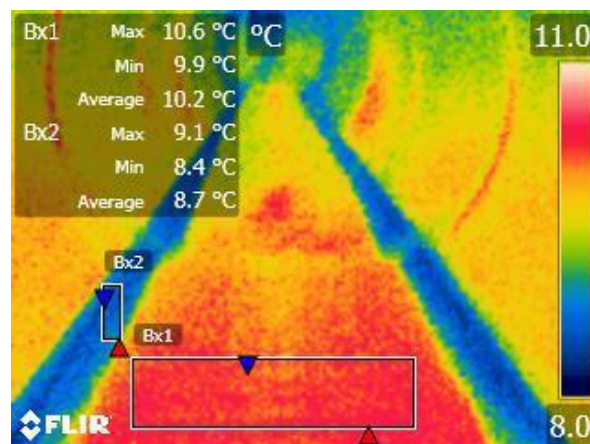
表ー3 コスト比較結果（25kW あたり）

想定条件	試算項目	本システム	従来システム	総費用縮減割合
条件1	建設費(千円)	51,000	23,000	—
	維持費(千円/年)	184	1,366	—
	総費用(千円/年)	1,204	1,825	34.0%
条件2	建設費(千円)	67,500	32,000	—
	維持費(千円/年)	154	1,103	—
	総費用(千円/年)	1,504	1,743	13.7%

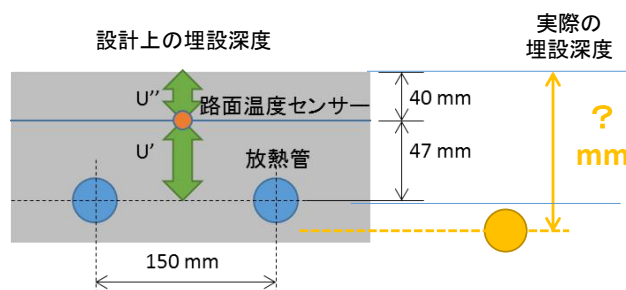
総費用(千円/年) = 建設費(千円) ÷ 50 + 維持管理費(千円/年)

条件1：200 W/m²想定※降雪量2.4cm/hかつ2,000h運転

条件2：125 W/m²想定※降雪量1.5cm/hかつ1,000h運転



図ー6 採熱中の下水管内のサーモグラフィ
(両端の非着水部の採熱管の温度が低い)



図ー7 放熱管の設計深度と実埋設深度のイメージ

6 今後の課題

以上の結果のとおり、本システムでは事業目標を達成できる結果が得られた。一方で、本システムでは採用した 4 つの革新的技術のうち、2 つの技術に以下に示す課題が残っており、今年度も継続研究を行う予定となっている。

①高熱性能採熱管

本システムでは設計で採熱管が全管着水する想定で、計 24 ユニットの採熱管を設置した。しかし、実際には図ー6 のサーモグラフィ画像に示すように、端部の採熱管が着水していない部分がみられ、採熱管の設置効果を十分に発揮できなかった。

本箇所では、管更生前に水深を測定し、管更生後に本システムを設置したことから、更生前の水深と更生後の水深の期待値に差が生じたことが原因と考えられる。

②高熱性能舗装

本システムの舗装は、従来の一般コンクリート舗装より 30%の性能向上を期待していたが、設計値の埋設深度で試算すると 20%程度の向上に留まった。設置では、設計深度に合わせようと施工したものの、実際は図ー7 に示すように設計よりも深い位置に放熱管が埋設された可能性が考えられる。

7 おわりに

本研究の結果、4 つの革新的技術を用いることで、システムの総費用 10%縮減と COP10 以上の事業目標を達成し、利用可能性が広がった。一方、4 つの革新的技術のうち、高熱性能採熱管と高熱性能舗装では、性能目標値と実測値に差が見られたことから、令和元年度も引き続き検証を行う予定で研究を継続している。

今年度の検証で本システムの設計精度を高めつつ、高 COP を達成できる下水管渠および下水水深（流量）の関係と、融雪面積の条件について整理を行う予定である。これらの成果をまとめ、まだ設置数が少ない低炭素化効果の高い下水熱利用融雪施設の普及拡大に繋げていきたい。

謝辞

本研究は、国土交通省国土技術政策総合研究所様のもとで実施したものです。本研究にあたり、国土交通省国土技術政策総合研究所様をはじめ、評価委員会の先生方、検討会の委員の皆様には、目標達成のために多くの貴重なご意見を頂きました。ここに、謝辞を申し上げます。

待避所におけるヒートパイプを活用した登坂不能対策について

瀧澤 大地*1 大崎 智*1

1. はじめに

北陸地方を始め各地で集中的な大雪が発生し、通行車両が立ち往生するなど、全国的な課題となっている。この対策として国土交通省では、災害対策基本法に基づき一定区間を指定のうえで、通行止めして集中的に除雪を行うものとしており、通行止め区間（以下「予防的通行規制区間」という）に滞留した車両の円滑な動線確保が必要がある。

今回、長岡国道事務所では予防的通行規制に伴う一般車両の待避所及びチェーン脱着場として「道の駅おぢや」を活用する計画であるが、「道の駅おぢや」への進入路においても、道路勾配により登坂不能が発生することから融雪設備を設置することとしたものである。近年の環境負荷軽減への意識が高まる中、自然エネルギーを利用した融雪方式と維持管理コストの低減を検討したので報告する。

これまで、融雪熱源としては、空気熱や地下水熱など様々なエネルギーを利用した設備が開発・導入されているが、その中でも環境負荷の少ない地中熱を利用したヒートパイプ工法を採用し、運転制御を行わないメンテナンスフリーとしたものである。

2. 予防的通行規制区間

2. 1. 長岡国道事務所の区間概要

長岡国道事務所においては、川口地区を含む5箇所を予防的通行規制区間として指定している。

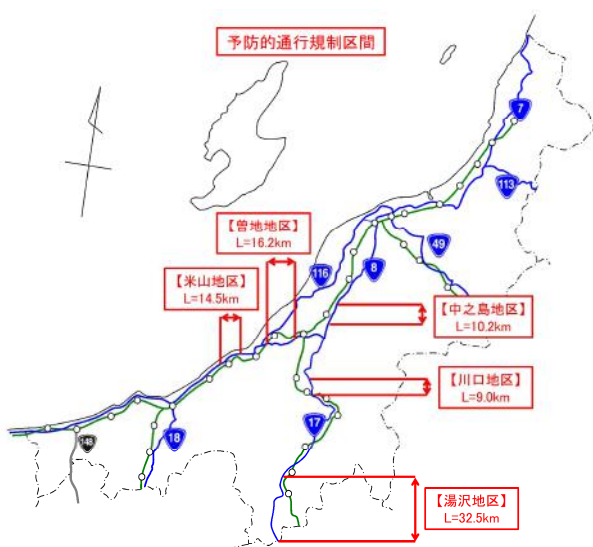


図1 区間配置図

2. 2. 川口地区の道路状況

今回対策を行った川口地区は、毎年登坂不能が複数箇所が発生する区間である。また、区間内の長岡市東川口地先の「坂塚」は、急勾配区間（最大勾配6%、延長約1.2km）となっており、登坂不能車が頻繁に発生する箇所である。

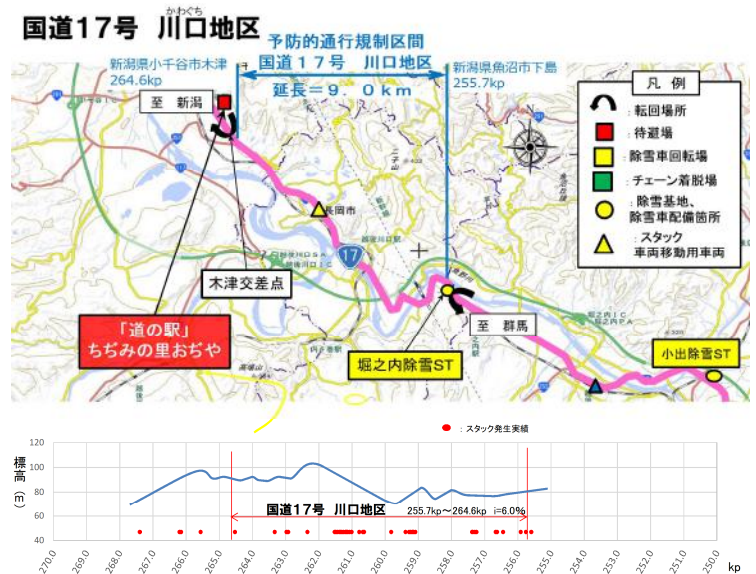


図2 予防的通行規制 川口地区

3. 融雪設備の導入概要

3. 1. 対象施設の概要

「道の駅おぢや」は、川口地区の長岡側に位置し、ドライバーの休息や情報提供施設のほか、待避所及びチェーン脱着場として使用される計画である。

敷地面積は10,740㎡で普通車78台、大型車12台、身体障害者用1台の駐車スペースを有しているほか、発電設備・非常用トイレを整備しており、災害時の防災拠点としても位置づけられている。

隣接する「小千谷市地域間交流センター ちぢみの里」は、日帰り温泉や食堂、リラクゼーション施設などを完備しており、年間平均9万2千人の利用がある。

最大積雪は、10年平均で、161cm（小千谷）となっている。

3. 2. 融雪設備の導入経緯

「道の駅おぢや」は、国道17号から立体交差で接続されており、駐車場へは一方通行での流入路となっている。

*1 国土交通省北陸地方整備局長岡国道事務所防災情報課

駐車場への進入路は上り坂（最大勾配3%）のカーブ（R=21m）となっており、冬期は機械除雪で対応している。

しかし大雪時は路面積雪や凍結により大型車両が登坂不能になりスタックする事例が発生している。進入路で登坂不能車が発生すると、曲線部の合成勾配によって後続の車両も走行不能となり、退出路を通行止めにしたうえで、除雪車両を逆走により進入させ、除雪作業を行う必要がある。そのため、登坂不能車対策は大雪時の円滑な施設の活用に向けた課題となっていた。

そこで、登坂不能車対策として進入路に消融雪設備を導入する計画としたが、対象箇所は地下水が乏しく、一般的な散水消雪設備（消雪パイプ）は採用できなかったため、無散水融雪方式を比較検討し、自然エネルギーである地中熱を利用したヒートパイプ融雪工法を採用したものである。

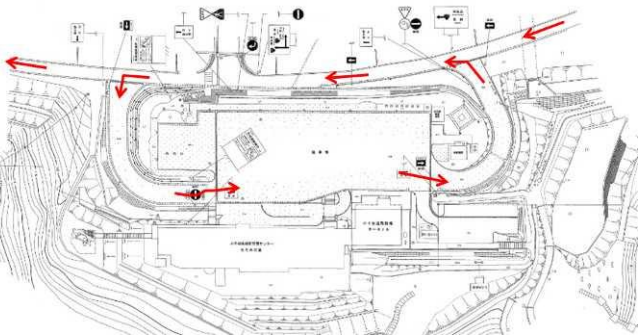


図 3 道の駅進入路平面図

4. 融雪工法の選定

4. 1. 工法の選定

無散水融雪方式の代表的な工法には、地下水熱方式の他に以下の三方式がある。

- ①空気熱源式ヒートポンプ方式
- ②電熱方式
- ③地中熱ヒートパイプ方式

①空気熱源式ヒートポンプ方式

空気中の熱を熱源としており環境に配慮した方式である。しかし圧縮ポンプの稼働に大きな電力が必要となり、「道の駅おぢや」全体の受電設備を見直した場合、改修費用が高額となることから不採用とした。

②電熱方式

電熱ヒーターを熱源としており、ランニングコストが高額となるため不採用とした。

③地中熱ヒートパイプ方式

地中熱をヒートパイプにより自然循環させることにより融雪を行うものである。トータルコストで、他の工法より安価になることから今回採用したものである。

4. 2. 工法の特徴

地中熱ヒートパイプ融雪工法は、深度15～20m程度までの地中熱（10～16℃程度）をヒートパイプで集め、舗装に熱を伝えることで融雪を行うものである。

地中熱ヒートパイプ融雪工法の融雪原理は、後述するヒートパイプが熱を運ぶ原理をそのまま活かしたものである。図5に示すように、舗装の温度が地中の温度より低くなると、ヒートパイプは舗装へ地中熱の輸送を開始し、舗装を温め始める。降雪時や気温低下時には、舗装温度と地中温度の差が大きくなるので、ヒートパイプ内の熱流量は大きくなり、舗装への放熱量も大きくなることで融雪と凍結の防止を行うことができる。降雪がなく、気温が高いときには、舗装温度と地中温度の差が小さくなるため、ヒートパイプ内の熱流量も小さくなる。舗装温度が地中温度を上回る気象条件では、ヒートパイプの熱流量はゼロとなる。

このように、融雪や凍結防止が必要な気象条件の時のみ動作する自動運転制御の機能を有することから、地中熱ヒートパイプ融雪工法は、地中熱を融雪と凍結防止に効率よく使うことができる。

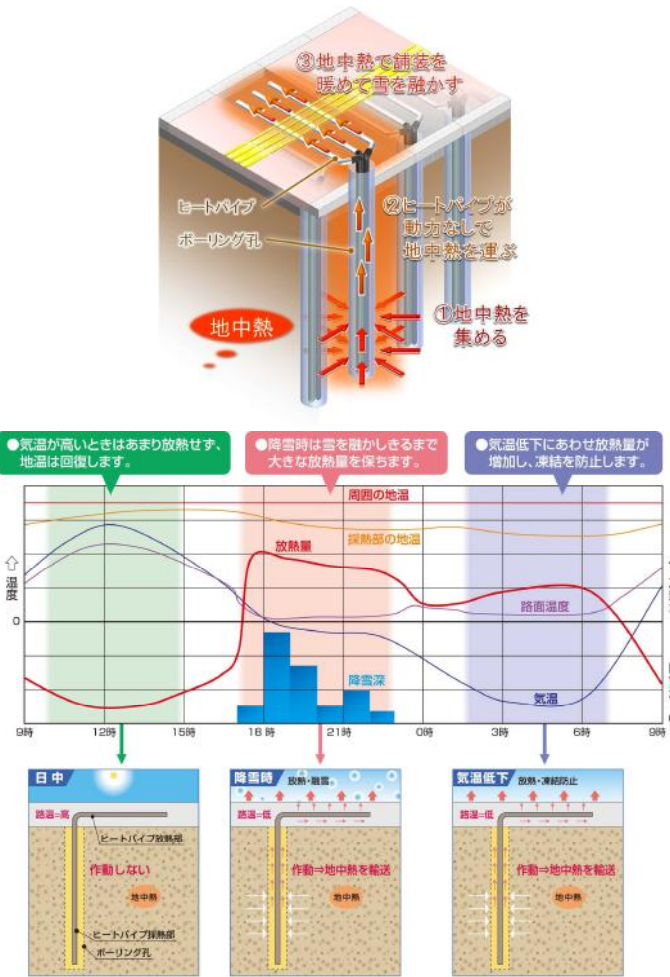


図 5 ヒートパイプ作動状況と放熱イメージ

また、ヒートパイプは暖かい地中と冷たい舗装の温度差によって作動し熱を運ぶため、電気や燃料を一切使わず、地中熱エネルギー100%で融雪や凍結防止を行う事が可能である。そのため、電気や石油等の燃料費が不要なほか、運転制御を行わず、定期的な整備も不要なメンテナンスフリーであり、ランニングコストゼロを実現している。

一方で、電気等による補助(ヒートポンプによる加温等)をせず、地中熱のみで融雪を行うため、その融雪能力は施工地の自然条件に左右され、大雪時には一時的な積雪が発生する場合もある。また、採熱孔1本あたりの融雪面積が1.5～3㎡程度と限られることから、広い面積を融雪するためには採熱孔本数が増え、イニシャルコストは他の工法より高くなる。

地中熱ヒートパイプ融雪工法は、歩道やバス停などバリアフリーを求められる場所のほか、車道の坂道やランプ部などに登坂不能車対策や除雪補助として導入されている。

新潟県と青森県を中心に多くの施工実績があり、直轄区間では国道8号新潟バイパス弁天ICのランプ部への導入実績がある。

4. 3. 融雪配置箇所パターン

地中熱ヒートパイプ融雪設備は、採熱孔1本につきヒートパイプ3～5本で構成されたユニット単位で施工することができる。そのため、ユニット配置パターンは融雪対象路線の特徴や、融雪目的、必要とする融雪能力、サービスレベル、コストから選択することが可能である。

①全幅パターン

道路全面を融雪対象としたもので、最も高いサービスレベルを提供できる。一方で、ユニット数が多くなるため、コストは高い。なお、歩道については必要な幅員を確保し、連続的なユニット配置とする。

②縦断連続パターン

融雪幅を車両の轍部に限定して、縦断方向には連続的に配置する。ユニット数を若干少なくすることができるが、冬期の車両通行位置や通行車種の事前調査が重要となる。また、曲線部では車両の内輪差についても考慮が必要である。

③横断断続パターン

車両の前後のタイヤ位置を融雪対象としたもので、ユニット数を少なくすることが可能である。融雪幅員が確保されるためいずれかのタイヤが融雪箇所に接地する可能性が高く、登坂不能車対策としての採用が多い。

④縦断断続パターン

車両の轍部を対象として、さらに断続的にユニットを配置するためユニット数は少なくなるが、縦断連続

と同様の配慮が必要である。

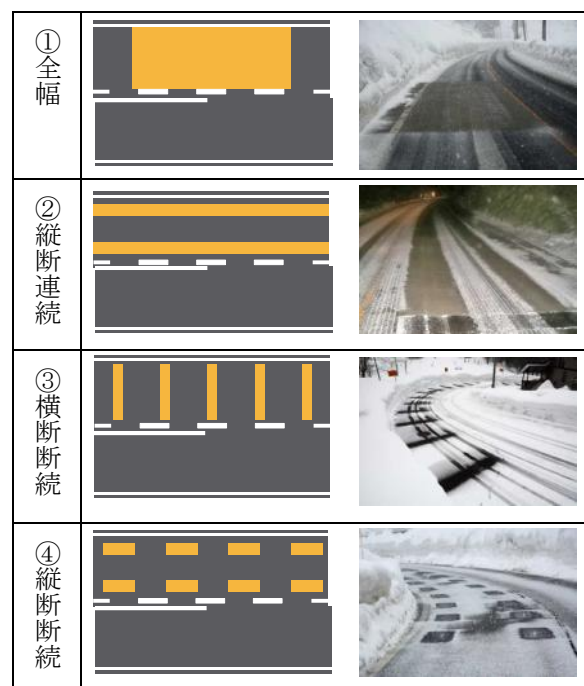


図 6 ユニット配置パターン

カーブでの設置であることから、曲線部の対応が可能で、コストが抑えられる③横断断続パターンを採用した。

5. 現地施工

5. 1. 概要

登坂不能車対策であることから、軽自動車から大型車(12m超含む)までの車輪間隔に対応する必要がある。よって、横断断続型の図7に示すようなユニット配置とした。

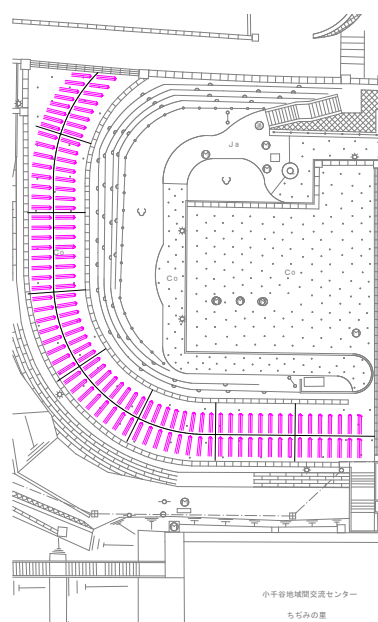


図 7 ヒートパイプ配置平面図

採熱孔1本に対しヒートパイプを3本挿入し、1ユニットを構成する。採熱長は20m、放熱長は2.45mである。この構成による想定放熱量は約146W/m²であり、融雪必要熱量の約184W/m²に対し80%の出力が得られる設計としている。機械除雪の補助を目的としているため、出力を100%より低くし、コストの低減を図っている。

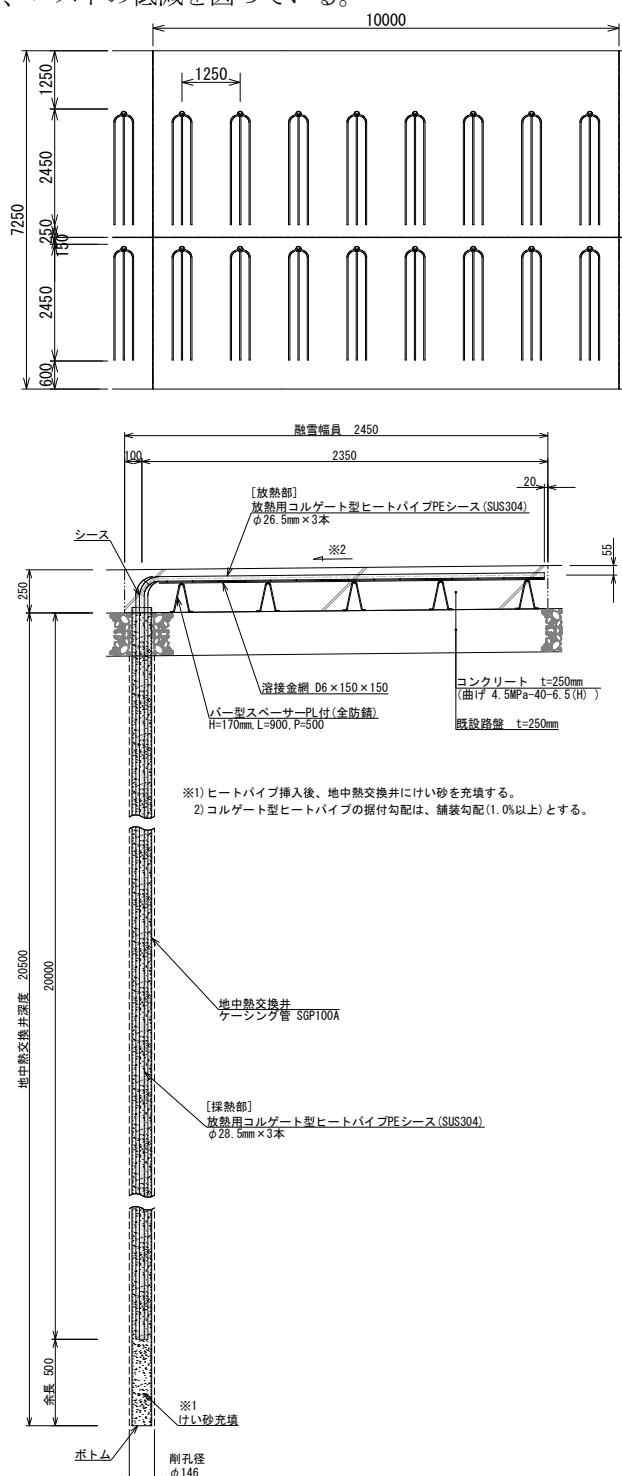


図 8 ヒートパイプ据付標準図

5. 2. 施工ステップ

施工ステップは大きく以下の3段階に分けられる

- ①採熱孔設置工
- ②ヒートパイプ据付工
- ③コンクリート舗装工

採熱孔はロータリーパーカッションドリル(二重管工法)でφ146mmの径で掘削し、掘削完了後、SGP100Aをケーシング管として挿入し、採熱孔を形成する。その後、既設コンクリート舗装を取り壊し、SUS304(ポリエチレン被覆)のコルゲートパイプに代替フロンを封入したヒートパイプを採熱孔へ挿入・据付し、コンクリート舗装を復旧して施工完了となる。



写真 1 採熱孔掘削状況

5. 3. 今後の検証

現場は、施工を完了し、今冬より稼働を開始する予定としている。

今冬は、融雪の状況を確認し、登坂不能車の発生について確認することとしている。

また、ノーメンテナンス設備ではあるが、維持管理面でどのような課題があるかについても検証していきたい。

6. おわりに

本対策は、予防的通行規制時に必要となるの待避所やチェーン脱着場の機能を保持するために、自然エネルギーの地中熱ヒートパイプ融雪設備の導入による登坂不能対策を行い、滞留車両の動線確保を図るものである。

今回の対策は、地下水の乏しい地域や、電気の利用が困難な場所など、特殊な箇所の融雪対策に有効だと考えている。

今後、現場での効果や管理における課題を検証し、さらに検討を進めていきたい。

平成24年11月 登別市及びその周辺で発生した冬期の大規模停電について

檜澤肇^{*1}， 鳴海文昭^{*2}， 山本賢二^{*3}

1. はじめに

平成24年11月26日に、発達中の低気圧が日本海を東北東に進み、翌日の11月27日未明から昼頃にかけて北海道の胆振・日高地方を通過した。このため強い冬型の気圧配置となって寒気が流入し、道内の日本海側南部や太平洋側西部では、低気圧の通過後に湿り雪を伴った非常に強い西寄りの風が吹いた。

この暴風雪により送電鉄塔の倒壊等の送配電設備に被害が生じ、11月27日の早朝から11月30日にかけて、登別市とその周辺地域において大規模停電が発生した。

地域全体での最大停電戸数は、平成24年11月27日14:00時点で、室蘭市:29,880戸、登別市:20,790戸、伊達市:990戸、豊浦町:320戸、壮瞥町:50戸、白老町:870戸、洞爺湖町:2,850戸、合計:55,750戸となっている（表1）。

表1 停電の状況

市町村	最大停電戸数※
室蘭市	29,880戸
登別市	20,790戸
伊達市	990戸
豊浦町	320戸
壮瞥町	50戸
白老町	870戸
洞爺湖町	2,850戸
計	55,750戸

※11/27 14:00現在

また、住民避難の状況として、避難所開設数と最大避難者数は、室蘭市:10箇所・101名、登別市:8箇所・323名、伊達市:3箇所・13名、豊浦町:3箇所・10名、壮瞥町:1箇所・5名、白老町:2箇所・18名、洞爺湖町:2箇所・7名、合計:29箇所・477名となった（表2）。

表2 住民避難の状況

市町村	避難所開設数	最大避難者数※
室蘭市	10箇所	101名
登別市	8箇所	323名
伊達市	3箇所	13名
豊浦町	3箇所	10名
壮瞥町	1箇所	5名
白老町	2箇所	18名
洞爺湖町	2箇所	7名
計	29箇所	477名

※北海道発表資料に登別市分を追記

なお人的被害は、軽傷（打撲等）7名（室蘭市）、住家被害は、一部損壊216棟、その他農業施設被害（ビニールハウスの破れ、鉄骨損傷等）や倒木多数等が発生している（平成24年12月6日15:00時点）。¹⁾

大規模停電発生時には、登別市内の送電鉄塔1基が倒壊したが、鉄塔の倒壊原因に関する北海道電力の発表²⁾では次のようにまとめている。

倒壊した送電鉄塔は登別市内片倉町の幌別ダム付近に立地していたが、この地点では11月27日の4:00～7:00の間に、気温が0℃付近まで低下し着雪が発達しやすい気温帯となる中で、集中的な降雪と平均風速10m/s～20m/sの風が継続する気象条件となり、電線への着雪が大きく発達した。

これにより鉄塔南側の送電線では大きく着雪が発達した一方で、鉄塔北側の送電線では、ねじれ防止ダンパが設置されていたことなどから着雪が低減され、鉄塔の両側で着雪量のアンバランスが生じ、過大な張力差が発生した。その後、風向が西から西北西に変化するとともに、風速が20m/s以上に増速した。

これらの条件が重なったことにより、送電鉄塔に大きな荷重が加わり、鉄塔倒壊に至ったものと推定している。



写真1 鉄塔倒壊状況²⁾

2. 調査方法

本報告では、平成24年11月26日からの暴風雪に伴って発生した大規模停電について、登別市内における被害とその対応状況等を対象として、その内容を明らかにするため、登別市役所及び関係機関の被害記録の読取りと登別市内の連合町内会関係者への聞き取りによる調査を行った。

*1 一般社団法人北海道開発技術センター（011-738-3363）

*2 登別市連合町内会事務局長（0143-85-2111）、*3 登別市総務部防災担当主幹（0143-84-1172）

3. 登別市内での被害概要

暴風雪をもたらした低気圧によって、登別市内では最大瞬間風速24.2メートルを観測し、これは平成24年11月27日時点での観測史上歴代1位の風速となった。この暴風により、市内では住家21棟、非住家6棟、公共施設等の建物破損32施設、道路3箇所、倒木795本の被害が発生した。

また、大規模停電の発生によって市内で最大21,320戸が停電した。停電期間中は市内の信号機が消灯するなど市民生活や企業活動に大きな影響が生じた。



写真2 市内の停電状況

4. 停電時の登別市の対応状況

低気圧の接近・通過と大規模停電の発生に際する登別市による対応の主な内容としては、平成24年11月26日21:17には、暴風警報に伴う警戒態勢がとられていたが、翌日の11月27日7:45に市内全域で停電が発生した。市では災害対策部を設置して状況確認等を行っていたが、27日12:50に北海道電力(株)から説明があり、停電の原因が送電線鉄塔の倒壊によるものであり、復旧に3日程度かかることが判明した。停電が長期化することが明らかになったことから、27日13:30に災害対策本部を設置するとともに、14:00に連合町内会に停電に関する情報提供、14:20には北海道を通じて陸上自衛隊の災害派遣要請を行い、17:00には市内5箇所で避難所を開設した。避難所についてはその後、地域毎の高齢者等の避難ニーズにきめ細かく対応するため、翌日28日16:30～17:00には追加の避難所3箇所を開設している。

市内の一部地区では部分的に通電が開始されていたが、停電発生から4日後の11月30日4:50に、送電線の復旧作業が完了し、市内全域に電力供給が開始された。

30日15:20に災害対策本部を解散して災害対策部に移行し、北海道に陸上自衛隊の撤収を要請した。避難所についても順次閉鎖し、30日20:00に最後の避難所を閉鎖して警戒態勢を解除している(表3)。

表3 停電に伴う登別市の対応状況

日時	登別市の主な対応状況
11月26日(月)	
21:17	暴風警報発表に伴う警戒態勢 (消防による市内巡回)
11月27日(火)	
7:30	市本庁舎停電
7:45	市内ほぼ全域で停電
9:00	臨時部長会により状況確認 (災害対策部設置)
10:00	臨時部長会(災害対策会議)
11:30	臨時部長会(災害対策会議)
12:50	北海道電力(株)室蘭支店職員が来庁 (復旧に3日程要することが判明)
13:30	災害対策本部設置
14:00	連合町内会へ停電について情報提供
14:20	北海道に陸上自衛隊の災害派遣要請
15:00	避難所の開設時間を17:00と決定 (15:00～21:00)最大21,320世帯が停電
16:05	広報車による避難所開設広報開始 (11月29日22:00まで)
16:20	陸上自衛隊の災害派遣決定
17:00	災害対策本部会議
17:00	市内5箇所に避難所を開設 ～17:30(市民会館, 婦人センター, 鷺別公民館, 富岸小学校, 登別温泉公民館)
18:00	青葉町, 若山町, 栄町, 若草町一部が通電
11月28日(水)	
5:27	鷺別地区が通電
9:00	災害対策本部会議
12:00	富岸地区が通電し避難所「富岸小学校」 の避難者が帰宅したため閉鎖
16:30	地域の避難者にきめ細かく対応するため ～17:00新たに3箇所の避難所を追加開設 (鉄南ふれあいセンター, 常盤婦人 研修の家, 老人憩の家こぶしの家)
22:00	柏木地区が通電し避難所「老人憩の家こ ぶしの家」の避難者が帰宅したため閉鎖
11月29日(木)	
9:00	避難所「鷺別公民館」の避難者が帰宅した ため閉鎖
13:00	北海道電力(株)室蘭支店長から11月30日 に全市送電するとの連絡有り
13:00	避難所へ「相談所巡回相談」の相談員派遣 ～17:302名1組(及び30日 9:00～17:30)
11月30日(金)	
1:30	4:50から電力供給を開始する旨、北海道 電力(株)から連絡有り
4:00	「復旧状況確認」「電気ストーブ等の安全確認」 ～6:00「近所の高齢者等の安否確認の声かけ」の ため避難者に通電の情報提供
4:50	登別変電所, 幌別変電所から電力供給開始 (本線の送電については、ホテルやテーマパーク、 病院等、大型の自家発電設備を備えて いる可能性のある事業所へ、事前に情報 提供を実施)
11:00	市内全域の送電網について復旧した旨、 北海道電力(株)から連絡有り
12:00	避難所「登別温泉公民館」「鉄南ふれあい センター」「婦人センター」「常盤婦人研修の家」閉鎖 ～13:40
15:00	災害対策本部会議
15:20	災害対策本部会議を解散、災害対策部に 移行、北海道に陸上自衛隊の撤収要請
17:00	大規模停電に伴う総合相談窓口を設置
20:00	最後の避難所「市民会館」を閉鎖、 災害対策部を解散、警戒態勢解除

その他大規模停電の発生時には、市職員による避難所開設のほか、11月27日から11月29日まで、広報車による避難所情報の広報等の災害対応を行った。

また、保健師が避難所を巡回して健康確認を行うとともに、停電による生活への不安について相談に応じる「避難所巡回相談」の相談員（市民サービスグループ1名、社会福祉グループ1名の計2名1組）を各避難所に派遣した。

各避難所には、市の備蓄品の他、平成24年に締結したレンタル業者との災害協定に基づいて、ストーブや仮設トイレ等を設置し、市民の避難生活のための態勢整備を行った。

北海道を通じて災害派遣を要請した陸上自衛隊からは、発電機や照明、ストーブ、毛布等、北海道開発局からは電源車と毛布の救援物資の貸与を受けた。

また「危機発生時における相互応援に関する協定」を締結している、登別市と姉妹都市の宮城県白石市と神奈川県海老名市からは、非常食や使い捨てカイロ等を提供いただいたほか、札幌市白石区からはストーブの貸与等の協力をいただいた。



写真3 停電時の市庁舎内の状況



写真4 災害対策本部会議の状況



写真5 陸上自衛隊による支援



写真6 北海道開発局による支援

5. 停電時の連合町内会等の活動状況

登別市には95の町内会があり、それぞれ11の地区連合町内会に加盟し、それを登別市連合町内会がとりまとめている。市役所内に事務局がある連合町内会では、大規模停電の発生した11月27日に、市から停電状況に関する情報提供を受けるとともに、停電状況と自主避難者を受け入れるための避難所開設について、各町内会への周知の依頼を受けた。連合町内会では11地区連合町内会長に携帯電話で連絡を開始し、連絡が取れない地区連合町内会及び単位町内会には直接訪問して、停電の長期化と避難所の開設等について説明を行った。

翌日11月28日には、市から独居高齢者等の安否確認の要請を受け、市職員とともに車で各町内会長を訪問し安否確認のお願いと自主避難所開設のお知らせを行った。

6. 停電時の市民の避難状況

登別市内に順次開設された計8箇所の避難所には、最大時で323名が自主避難した（表4）。これは平成24年度の登別市の人口（50,985名）の約0.6%にあたる。

避難所では、多くの市民活動団体による炊き出し支援

があり、冬期の避難生活の中での温かい食事の提供は、避難者の大きな助けとなった。

表4 停電に伴う市内の避難所と自主避難者の状況

避難所	開設日時	閉鎖日時	施設別 最大避難者数	日時別 最大避難者数 (11/28 18:00)
鷺別公民館	11/27 17:00	11/29 9:00	11/28 0:00 68名	24名
富岸小学校	11/27 17:00	11/28 12:00	11/27 23:00 8名	—
市民会館	11/27 17:00	11/30 20:00	11/28 18:00 172名	172名
婦人センター	11/27 17:00	11/30 13:40	11/28 0:00 48名	34名
登別温泉 公民館	11/27 17:30	11/30 12:00	11/28 16:00 17名	17名
鉄南ふれあい センター	11/28 16:30	11/30 13:00	11/29 18:00 77名	66名
常盤婦人 研修の家	11/28 17:00	11/30 13:40	11/28 19:00 5名	3名
老人憩の家 こぶしの家	11/28 17:00	11/28 22:00	11/28 17:00 9名	7名
合 計				323名



写真7 避難所炊き出しの準備状況

また市民の停電対応について、定池らが平成25年1月に行った調査³⁾では、回答した登別市民(250名)のうち、停電時に最初に行った行動として「情報収集」が最も多く(36.0%)、ついで「何もしない」(23.6%)、「備蓄品使用準備」(18.0%)、「家族と連絡」(12.0%)の順となっている。

また、停電の際に避難所に避難したかについては「避難した」(11.6%)、「避難しなかった」(79.6%)、「無回答」(8.8%)となっており、約8割の回答者が避難をしていなかった。避難をしなかった理由については「問題ない」(79.6%)が最も多かった。

7. 被災以降の登別市の取組状況

登別市では、大規模停電時に防災拠点となる市役所本庁舎も停電となり、照明をはじめ、電話やパソコン、テ

レビ等が使用できず情報収集に苦慮したことから、これを教訓として、非常用発電機の設置等の停電対策を進めている。

市本庁舎の停電対策としては、庁舎横に非常用発電機(ディーゼル)1台を設置しており、燃料198Lで72時間以上稼働でき、停電時に自動起動して回路が自動で切り替わり、防災行政無線の親局設備及び庁内総務グループ執務室の照明・コンセントに給電される。



写真8 非常用発電機と防災行政無線設備

その他、ポータブル発電機として、ガソリン式7台、LPG式4台、カセットボンベ式1台、及び北海道総合行政ネットワーク用発電機(ガソリン)1台を配備しており、本庁舎用発電機は合計14台(36.9kVA)となっている。ポータブル発電機は、停電時には災害対策本部が設置される会議室専用の非常用受電盤と電話交換機非常受電盤に優先使用し、その他は各部署からの要請により順次配置していくこととしている。

また、発電機用の燃料についても、ガソリン40L(携行缶×2)、軽油54L(ポリタンク×3)、ガス8kgボンベ×4本、及び予備のガソリン携行缶等を備蓄している。



写真9 防災用ポータブル発電機

冬期に発生した大規模停電時に、家庭では灯油ストーブが使用できなくなったが、関係機関や民間企業からの毛布やポータブルストーブ等の支援があり、避難所での暖房を確保することができた。このような状況を受けて市では、毛布や停電時でも使用できるガスストーブ、非常用ガス発電機等、各避難所への災害時備蓄品の整備を進めている。

具体的には「登別市備蓄整備方針」を定めて、災害の発生後3日間程度の食糧、飲料水、暖房器具及び発電機等、最低限の備蓄を行うことを目標としている。ここでの災害想定には、地震・津波災害、大雨・洪水・土砂災害及び大規模停電を加えており、特に大規模停電については、季節によって対応が異なることから、冬期間の対応を念頭に、暖房器具等の備蓄を考慮している。

登別市は内陸部と海岸沿いに居住地域が点在していることもあり、市内の備蓄拠点地域として、発災後の速やかな備蓄品の活用や、道路の被災による分断の恐れ、備蓄品の輸送搬入等を考慮して、各地域に分散して備蓄の拠点を設けることとしている。

このような方針にもとづいて、市内の登別温泉地区、登別地区、幌別地区、鷺別地区、カルルス地区、鉾山地区の6地区を備蓄の拠点地域として、各地区の公共施設等に食料や資機材等を備蓄している（表5）。備蓄品については年次計画を組んで計画的な入替えを行っている。

表5 備蓄品の内容

項目	内容
食料・水	アルファ米等、備蓄用パン、育児用ミルク、飲料水
電源・寒冷対応等	LEDランタン、ストーブ、毛布、発電機、発電機用燃料、懐中電灯、防災用投光器（三脚含む）、電工ドラム
情報関連	ハンドマイク、ラジオ、携帯充電器、防災行政無線
その他	マット、ブルーシート

また特にエネルギーの備蓄については、比較的備蓄が容易なLPガスを用いた「災害用LPガスパルク」の設置を進めている。災害用LPガスパルクは、ガスをエネルギーとした炊き出しやストーブによる暖房、ガス発電による軽微な照明の使用、携帯電話の充電等が可能となるガス貯槽で、平時には厨房での調理・館内給湯・館内暖房に使用できる。タンクのガス残量が半分になると満タンまでガスを供給して、常時500kg以上のLPガスが貯蔵されており、外部からの供給が無くても1週間以上、避難所のエネルギーとして活用が可能となっている。これらの災害用LPガスパルクは、平成22年から市内の避難所に順次設置を進めており、現在は市内の12箇所に設置されている。



写真10 災害用LPガスパルク設置状況

一方、大規模停電発生時には、市では広報車を用いた避難所情報の発信を行っていたが、暴風雪で窓が開けられない等により、聞こえなかったとの意見が多く寄せられた。このため市では、スピーカーを4方向に搭載した広報車の整備と広報車による周知方法の見直しを行っている。これらの取組みの効果は、総合防災訓練や各町内会での避難訓練等での広報活動を通じた検証も行っている。

また、市では他の自治体や関係機関、民間企業等と災害時における支援協定を締結しているが、大規模停電発生時には、特に道外の姉妹都市から支援物資の提供を受けるなど、協定が効果的であることが実証されている。

その後も、市内札内町の太陽光発電施設の電気を災害時に利用できるよう協定の締結を進めるなど、他自治体や関係機関との連携、迅速な応急・復旧活動を行えるよう、各種の災害に対応した多角的な協定の締結に取り組んでいる。

8. 被災以降の連合町内会の取組状況

市連合町内会では、大規模停電後に実施したアンケート調査結果等から、災害時における、①要援護者の支援体制、②各町内会への情報伝達、③連合町内会の初期行動等を課題としてとらえ、それぞれの課題解決に向けた取組みを進めてきた。

要援護者の支援については、市と町内会、民生委員・児童委員等が連携する「小地域ネットワーク活動」をベースとして、緊急時の連絡先や病名、かかりつけ医等の情報を記載して筒状の専用容器に入れ、自宅の冷蔵庫等に保管しておくことで救急時に備えることができる「きずな安心キット」の配布を全市に広めている。

各町内会への情報伝達については、市内の93町内会の協力を得て、各地区連合町内会（11地区連）毎の緊急災害時情報伝達網を作成し、各町内会に配布している。これには地区連合町内会毎に設置する災害対策本部と、加盟

する各町内会長等との連絡先がシート化されており、各町内会の担当者が変更になった場合は随時更新している。

これにより地区連合町内会災害対策本部では、市連合町内会災害対策本部からの情報を各単位町内会に伝達している。また各地区の被災状況や要望事項について、市連合町内会災害対策本部に報告することになっている。

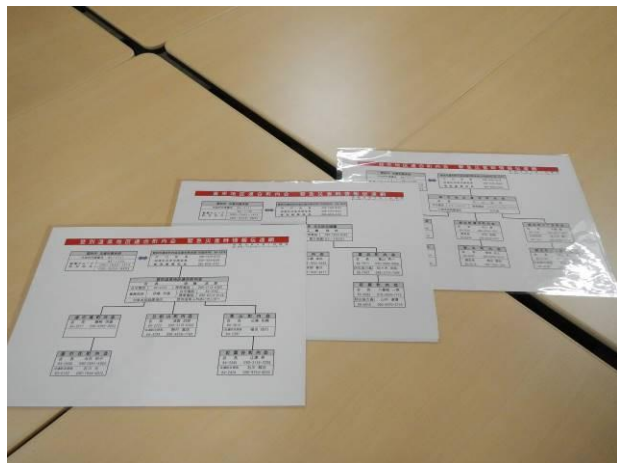


写真11 地区連合町内会毎の緊急災害時情報伝達網

市連合町内会の初期行動については、各地区連合町内会が独自に各地区に設置する災害対策本部とともに、連合町内会事務局が市役所内に災害対策本部を設置し、市の災害対策本部の会議に市連合町内会役員及び事務局長が出席して、市の対策本部や防災担当との連絡調整に当たることとしている。

市連合町内会の災害対策本部では、市からの、人命・避難・支援物資に関する情報等、災害情報の伝達活動と、各地区連合町内会からの被害状況等の報告を受けた後に、市災害対策本部へ報告し、適切な対応策を要請することとしている。

これら市連合町内会と地区連合町内会の役割については「市連合町内会緊急災害時の初期行動マニュアル」として緊急災害時情報伝達網とともにまとめられている。

このような、大規模停電を教訓に整備した緊急災害時情報伝達網や、日頃からの避難訓練の実施等が評価され、市連合町内会は、平成30年9月に内閣府から防災担当大臣表彰、平成31年3月に北海道から北海道社会貢献賞、令和元年9月に防災功労者・内閣総理大臣表彰をそれぞれ受賞している。

また登別市では、市内の町内会の約85%に当たる80町内会が、地区連合町内会や町内会単位で自主防災組織を設立しており、市が自主防災組織の活動を補助するために定めた「登別市防災資機材購入整備費補助事業実施要綱」にもとづいて、防災活動に要する資材や機材等の購入整備を進めている（表6）。

表6 補助対象の防災資機材購入品目

区分	品名
情報収集伝達用具	ラジオ、トランシーバー、メガホン、車載用アンプ・スピーカー
消火用具	消火器、三角バケツ、消火用バケツ
救出用具	片刃ノコギリ、マサカリ、チェーンソー、ナタ、一輪車、小型発電機、ジャッキ、スコップ、バール、ハシゴ、ソリ、カケヤ、大ハンマー、ツルハシ、救命ロープ、ハンディライト、ヘルメット、投光器
救護・避難用具	担架、リヤカー、車いす、救急セット、テント、天幕、防水シート、避難誘導旗、安全誘導灯、簡易ベッド、ストーブ
給食・給水用具	炊飯器、鍋、カセットコンロ、給水用ポリ容器(10L)

その他、市長が特に必要と認めたものの購入

9. まとめ

大規模停電を契機に、市では特に停電時を考慮した防災対策を進めてきたが、これらの取組みは平成30年9月に発生した北海道胆振東部地震に伴う北海道全域での大規模停電「ブラックアウト」の発生時に効果を発揮した。非常用発電によって市役所本庁舎の防災担当執務室に電力を確保し、照明のある室内で迅速な初動態勢をとり、情報収集や被害状況の把握等、速やかな対応を実施することができた。

また登別市では、災害時における行政と地域町内会との役割分担を平常時から決め、災害時の協働での対応の基盤が構築されているが、これらは平時からの関係づくりや、連合町内会が責任を持って活動していることなどが背景になっている。このことから、市民・町内会等によるしっかりとした自助・共助によって、行政による公助がうまく機能するということができる。

今後の人口減少、高齢化等の社会情勢変化の局面においても、行政と市民とのさらなる連携を深めていくことが、地域防災力の維持向上にも資するものと考えられる。

参考文献

- 1) 北海道総務部危機対策課（平成24年12月6日）「11月26日からの暴風雪に伴う胆振管内における被害・対策状況」
- 2) 北海道電力株式会社プレスリリース（2013年2月28日）「11月27日に発生した暴風雪に伴う66kV幌別線鉄塔倒壊に係る報告書の提出について」
- 3) 定池祐季, 森太郎, 南慎一, 竹内慎一, 草苺敏夫（2014）「冬期における大規模停電発生時の対応と課題」第30回寒地技術シンポジウム 寒地技術論文・報告集(30), 230-235

大雪災害時におけるスノーモービルの活用

鴻江雄太^{※1} 細川迭男^{※1} 岡部知巳^{※1} 千明裕之^{※1}

1. はじめに

東日本高速道路㈱新潟支社湯沢管理事務所（以下、「湯沢（管）」という）は、太平洋と日本海を結ぶ大動脈である関越自動車道 水上IC～小千谷IC間約88kmを所掌している。管内は日本有数の豪雪地帯として知られており、冬は管内全域にわたって猛烈な雪が毎日のように降り続く。積雪は過去最大で4.5mを超え、1日に1mを超す降雪を記録する事もあり、山間部では累計降雪量が10mを超える。

本論文では、大雪災害時におけるスノーモービル活用への湯沢（管）の取り組みについて報告する。



写真1 H26年大雪災害時の本線状況（上り線）



写真2 H26年大雪災害時の食料等供給状況

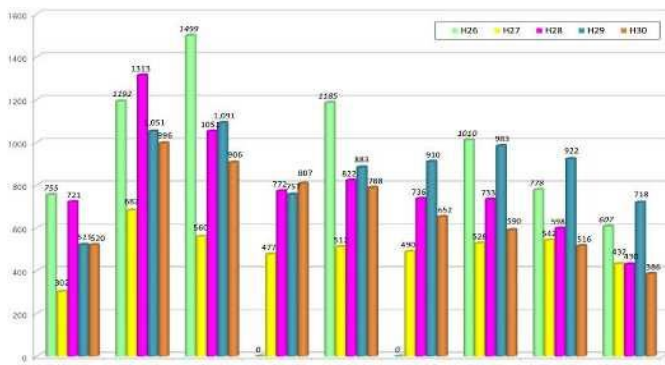


図1 H26年～H30年 湯沢（管）管内累計降雪量

2. 大雪災害の状況とスノーモービルの活用

2.1 過去の湯沢（管）管内の大雪災害発生状況

平成26年12月に六日町IC～小出IC間（上下線）で大雪災害による通行止めが発生した。六日町IC観測所の日降雪量は55cm程度であったが、3日前に2日間で100cmを超える降雪があり、この降雪に伴う路肩の排雪作業が途中であった事と、時間降雪量5～9cmの強降雪が4時間続いた事により車線幅が減少していた。更に、事故が多発し車線が確保されていない状態となったため、下り線の滞留車両は無かったが、上り線で約230台の滞留車両が発生し、事故車及び滞留車両の排除、除雪作業等に時間を要し、通行止め解除まで下り線で約14時間、上り線で約17時間を要した。（写真1）

また、通行止めが長時間となり、お客様への食料等の供給を行ったが、除雪作業が追いつかず積雪も多く、また、滞留車により運搬車の導線確保も困難だったため、徒歩による食糧等の供給を行った。しかし、歩く距離も長く運搬できる量も限られ、今後の食料等の供給にあたり大きな課題となり、その対策について検討を始めた。（写真2）

2.2 高速道路でのスノーモービル走行の検討

平成22年12月末から翌年1月にかけて、大雪により福島県及び鳥取県の国道において、車両の立ち往生が発生した。これを受け、平成23年2月に国土交通省と警察庁は大雪により通行止めとなった道路の復旧作業において、普通自動車運転免許取得者が所轄警察署へ届けを行うことにより、道路運送車両法の基準を満たさないスノーモービルの公道走行が認められた。平成23年2月に発せられた通達を図2に示す。

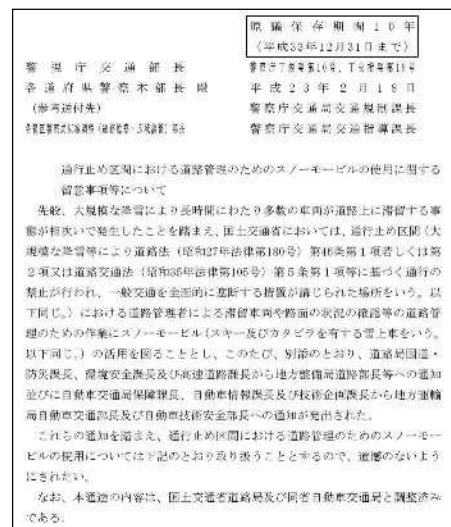


図2 H23年2月 警察庁通達

※1 東日本高速道路㈱ 新潟支社 湯沢管理事務所

通達に記載のあるスノーモービルの運転者に対する指導及び条件は下記の通りである。

- ・当該通行止め区間以外の道路での運転不可。
- ・必要な箇所に監視員等を配置するなど、当該通行止め区間への一般交通の進入等を防止する措置。
- ・普通自動車を運転する事ができる運転免許を受けているものに限り、運転中は運転免許証を携帯する。
- ・道路上の歩行者や障害物に十分に注意し、交通事故を防止するため、道路及び交通の状況に応じて安全な速度と方法で運転するよう指示すること。
- ・道路管理のための作業に従事していることを明瞭にするための腕章、ベスト等を着用すること。
- ・その他当該地域の実情に応じて交通の安全と円滑を図るため必要と認められる事項。

3. 湯沢（管）の活動

3.1 スノーモービルの活用

平成23年の通達を鑑み、高速隊と協議をした結果、通行止め時にはスノーモービルを用いて良いとの回答（口頭）を得たため、平成26年度より冬期間、スノーモービルをレンタルし小出IC（小出基地）に配備した。スノーモービルはNEXCO仕様として、回転灯及びスピーカーを搭載した。（写真3）

しかし、平成26年度以降、大雪等による通行止めは発生しているが、長時間の滞留車両を出すような事象等は発生していないため、スノーモービルの出動実績はまだ無い。



写真3 NEXCO仕様のスノーモービル

3.2 スノーモービル講習会の実施

平成26年度以降、スノーモービルの配備に伴い、緊急時に出動できるよう、新潟支社及びグループ会社を交えて講習会を継続して開催している。（写真4）

また、受講者には、講師である一般財団法人 日本モーターサイクルスポーツ協会スノーモービルインストラクターから受講証明書を渡している。（図3）



写真4 講習会の風景

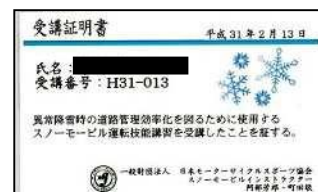


図3 受講証明書

4. 今後の課題

4.1 交通管理者との協議

平成26年度に高速隊と協議済となっているものの、スノーモービルの出動実績が無い事は上述した通りだが、人事異動等もあり、再度、大雪災害発生時に高速道路本線を通行する際の運用等の相互確認を高速隊等関係部署と調整する必要がある。また、湯沢（管）管内は所掌延長の約20%、約18kmがトンネルとなっている。スノーモービルの前輪にあたるスキーがトンネル内の走行の支障になるため、台車を設置するなどの走行方法についても検討したい。

4.2 地元のスノーモービル協会との連携強化

滞留車両の発生状況次第では、湯沢（管）でレンタル中のスノーモービル1台での対応には限界がある。講習会の講師であるスノーモービル協会では、複数台のスノーモービルを所有し、なおかつ遭難者等を搬送するための牽引ボート等（写真5）も所有している。今後、講習会の継続開催はもとより、災害時の連携協定締結等も視野に地元のスノーモービル協会等との連携強化を実施していきたい。



写真5 スノーモービルと牽引ボート

大雪時広域連携による除雪体制構築のタイムラインに対応した路面積雪状況の予測

横田昭人*1 片岡正次郎*2

1. はじめに

冬期には、短時間の集中的な降雪により大雪で多数の車輛が数日にわたり立ち往生する交通障害がしばしば発生する。

平成30年5月には冬期道路交通確保対策検討委員会により「大雪時の道路交通を確保するための具体的な対策」が提言され、道路管理者はソフト対応としてタイムライン（段階的な行動計画）の作成が必要とされている。

上記の提言では、大雪の発生が想定されるエリアへ近隣から除雪車輛を集中配置する応援も必要とされており、この場合のタイムラインは図1のように想定される。

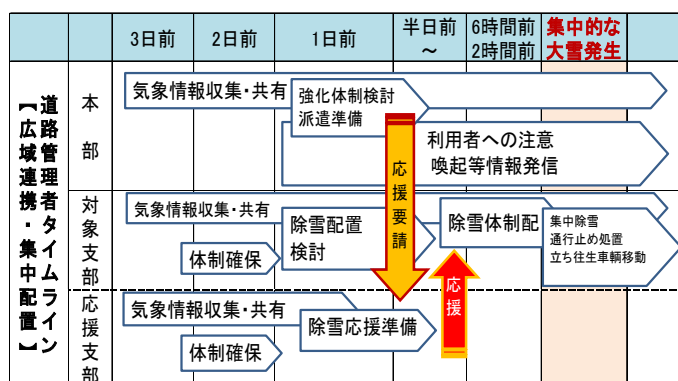


図1 広域連携による除雪体制構築のタイムライン

現在道路管理者が把握する雪に関する情報に、気象庁の予測する情報から降雪量の推定や、シャーベット、圧雪といった路面状況について予測把握がされている。

冬期道路管理の入手情報に、路面にどの程度積雪するかといった予測情報はない。これは、積雪開始とともに除雪作業や、走行車輛による飛散の影響などで実態として確認されることがなく、通常降雪時での除雪運用には路面上の積雪情報の必要性は薄い。しかし大雪での広域的な除雪車輛の移動には、配置を必要としない場所からの車輛移動が前提であり、図1の対象支部と応援支部を明確にする配置不要場所の判断材料に、概ねの値として路面での積雪量（路面からの積雪量を高さで表すもの）を予測することが必要と考えられる。

このようなことから広域連携による除雪体制構築のタイムラインを想定し、これに対応した路面積雪量の予測について基礎的な研究を行っており、予測手法を概成し、現場での観測との比較を行って予測手法の検証（図2に示す研究フロー）を進めている。

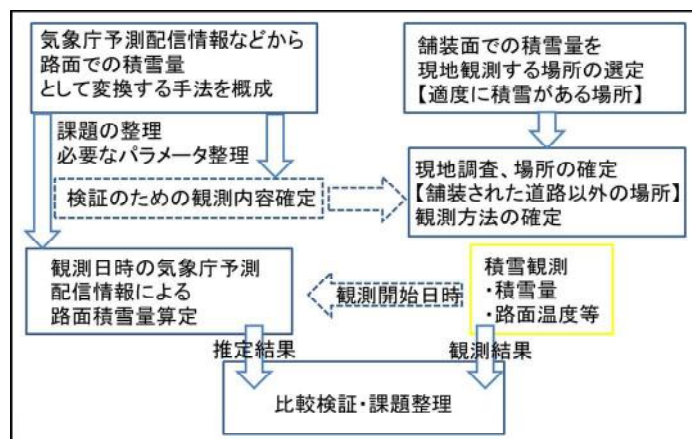


図2 研究フロー

2. 路面積雪量の予測

2.1 路面積雪量に影響する要因と推定対象

路面上で積雪する時の深さに影響する要因は、概ね図3に示すものと考えられる。路面に降り積もる場合、舗装面での融雪、雪面での融雪に加え、自らの重さにより沈降する。こうした自然現象のほか、車両のタイヤによる融雪や圧密、飛散、除雪作業や凍結防止剤散布による融雪など様々な人為的要因が加わり、降雪とともに路面上の積雪は変化すると考えられる。

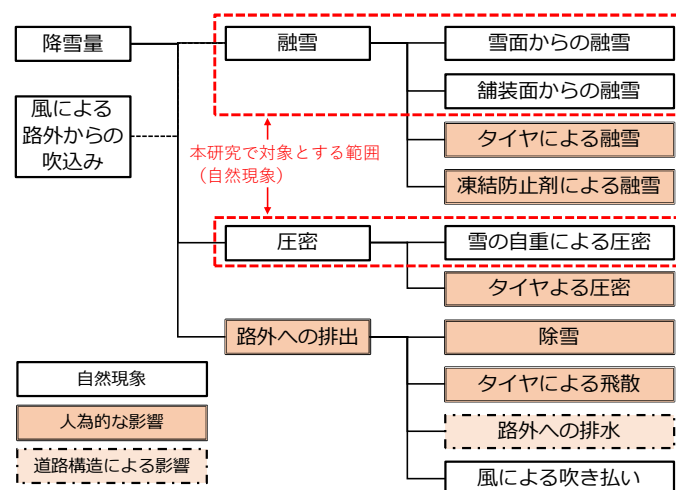


図3 路面積雪量に影響する要因

本研究では、路面での積雪量を予測する基礎的な手法の取り組みとして、図3に示す要因のうち融雪、圧密を対象とした予測手法を概成している。なお、本研究では路面への積雪を路面積雪量と定義し、上空からの降雪量や地面における自然状態の積雪深などと区別して扱っている。図4に予測手法のイメージを示す。

*1 国土交通省 国土技術政策総合研究所 道路構造物研究部 道路地震防災研究室 主任研究官

*2 国土交通省 国土技術政策総合研究所 道路構造物研究部 道路地震防災研究室長

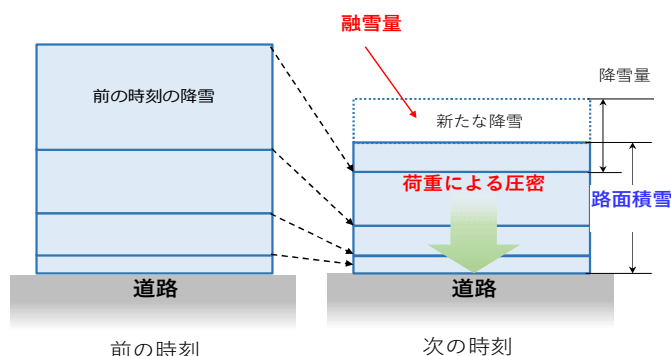


図4 路面積雪量予測のイメージ

2.2 路面積雪量を予測するための活用データ

降雪が始まると想定した時間（概ね図1集中的な大雪の発生時）の24時間前（概ね図1本部強化体制検討開始時）に路面積雪量予測が必要とした場合、気象庁局地モデル（LFM）からは想定する時間帯（降雪が始まって以降）の値は予測配信されていない。図1のタイムラインを考慮して、把握すべき予測時期を想定すると、その予測時期に応じた気象庁の予測情報利用が前提となる。すなわち路面積雪量の予測に活用できる気象庁の予測値としては、表1に示す予測情報のうち、路面積雪量を予測するタイミングに応じて、各予測モデルから予測値を選択し活用することになる。さらに各予測モデルでは予測時間や予測される範囲（メッシュ）の大きさ、予測要素が異なり、タイムラインの段階に応じて路面積雪量の予測手法に反映させる配慮が必要となる。

表1 路面積雪量の予測に活用する気象庁の予測情報
(気象庁資料から整理)

気象庁モデル	予測頻度	予測時間	範囲の大きさ	主な予測要素
全球モデル GSM	1日4回	84時間 ～264時間前	20kmメッシュ	気温・湿度・風 降水量・日射・雲量
メソモデル MSM	1日8回	39時間 ～51時間前	5kmメッシュ	気温・湿度・風 降水量・日射・雲量
局地モデル LFM	毎時	10時間前	2kmメッシュ	気温・湿度・風 降水量・日射・雲量
降水短時間予報	30分毎	15時間前	1kmメッシュ	降水量

2.3 路面積雪量の予測手法

①融雪に関する考慮

路面に降る雪の融解による路面積雪量への影響を算定する場合には、大気や路面との熱のやり取りから求めることが合理的である。その際には図5に示すように、路面の温度条件を左右する様々な熱の移動を算定する熱収支法¹⁾を用いることが一般的である。熱収支法では、太陽から受ける日射（短波）や夜間に雪面から上空に熱が逃げていく大気放射（長波）の影響に加えて、地面（道路の場合には舗装面を含む）や空気との熱の移動を計算する

ことで、路面温度も算定できる。このようなことから本研究では熱収支法を利用して融雪量を推定し、降雪量をベースに路面積雪量を予測する手法を検討した。

なお、予測のベースとなる降雪量については、気象庁から配信される降水量予測値を活用し算出している。

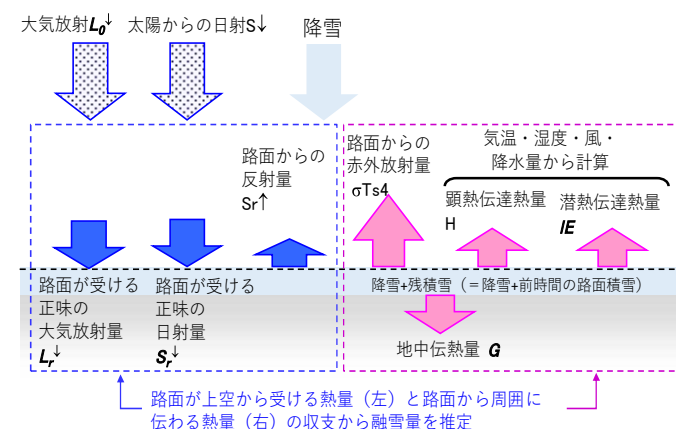


図5 路面積雪量の予測に際しての融雪の考慮

また、路面積雪量を予測するため、前述した表1気象予測情報の利用を前提条件としており、表1に示した気象庁の予測情報で配信される値には、図5に示す熱収支法による融雪量の推定に必要な気象情報が、必ずしも全て入手できるとは限らない。そこで、熱収支法に必要な各要素について次の考え方を取り込み検討を進めた。

■路面が受ける正味の大気放射量と日射量、路面からの反射量

路面が受ける正味の大気放射量と路面が受ける正味の日射量は、上空からの大気放射と太陽からの日射に依存する。このうち、太陽からの日射量の影響が大きい。この日射量については気象庁の各予測モデルで予測されており、その予測値を用いる。さらに路面からの反射量を考慮することで、路面が受ける熱量（図5の左）を推定する。

■路面からの赤外放射量

路面からの赤外放射量は気象庁の予測モデルでは予測されない。そこで上空への赤外放射量に影響を与える雲量や湿度の予測値を活用した長波放射量の推定を検討し、この値を路面からの赤外放射量とする。

■顕熱伝達熱量・潜熱伝達熱量

気象庁の各モデルで予測されている気温、湿度、降水量を用いて、顕熱伝達熱量や潜熱伝達熱量を計算する。

■地中伝熱量

地中伝熱量を決定するのは地中温度であることから、年平均気温やその地域での平均的な地中温度の活用を検討した。また、道路テレメータで観測されている路面温度の活用も考えられる。

②圧密に関する考慮

地面に降り積もった雪は自らの重さによって次第に圧密されて沈降する。道路上に降り積もる雪も同様に積雪表面が沈降するため、路面上の積雪深は降雪量の積算値より小さくなる。こうした積雪の圧密による沈降の影響については、小南ら（1998）により積雪の粘性圧縮理論による降雪深の推定方法²⁾が提案されている。この方法は積雪を粘性流体と仮定し、沈降による積雪の時間変化を雪の密度などから推定するものである。本研究ではこの方法を利用して圧密の影響を反映した。

図6はこの粘性圧縮理論に基づく方法で圧密を考慮し積雪をモデル計算した例である。このケースでは、4cm/hrの降雪が24時間継続したきに、この粘性圧縮理論によって積雪深がどのように変化するか計算結果を示している。この図6から、降雪とともに下層の雪が時間とともに圧密されて密度を増し、積雪面が次第に沈降していくことがわかる。この場合には、4cm/hrの降雪量が24時間続く条件を与えているので、総降雪量は単純な計算で96cmとなるが、粘性圧縮理論による積雪の圧密によって24時間後の積雪深は約60cmと計算されている。なお、この計算では①に記載した融雪の影響は考慮していない。

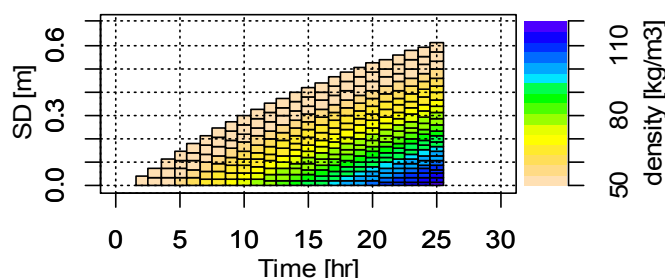


図6 圧密を考慮した積雪のモデル計算例

3. 路面積雪量等の現地観測

3.1 検証観測箇所

路面積雪量推定手法の検証に用いる観測箇所は、1日で20cm程度の降雪が冬期に度々あり、舗装面での積雪深が観測できる東北地方での地域とした。また、一般的な気象観測値の入手が容易にできるよう、道路管理者による気象観測が行われている場所の近傍で観測することとした。すなわち、図7に示すような内容の観測が行われている道路テレメータの近傍にある場所が候補となる。

表2は東北地方の国道一路線に設置されている道路テレメータを起点から終点方向に一覧にしたものであり、場所により観測されている項目は異なる。道路テレメータの立地環境に加えて降水量、気温、路面温度、風向風速、積雪深が観測されている箇所を検証に活用する。



図7 検証観測箇所に近接する道路テレメータ観測内容例

表2 国道に設置されている道路テレメータ例

名称	キロポスト	降水量	気温	路面温度	風向・風速	積雪深	路面状態	視程
A地点	起点側	○	○	○	○	○	○	○
B地点		○	○	○	○	○	○	○
C地点			○	○	○	○	○	○
D地点			○	○	○	○	○	○
E地点			○	○	○	○	○	○
F地点			○	○	○	○	○	○
G地点			○	○	○	○	○	○
H地点			○	○	○	○	○	○
I地点			○	○	○	○	○	○
J地点			○	○	○	○	○	○
K地点			○	○	○	○	○	○
L地点			○	○	○	○	○	○
M地点		○						
N地点			○	○	○	○	○	○
O地点	終点側		○			○		

このほか、以下の点に考慮し、路面積雪量予測手法の検証箇所を選定する。

- 当該の道路テレメータのほか、利用可能な近傍の気象庁の气象台やアメダスなどの観測所の位置関係やその観測項目の有無（日射量や湿度など）
- 道路テレメータに設置されている既存の路面温度計の種類（埋設方式か非接触での測定か）と設置環境
- 道路テレメータの積雪深計の設置環境や計測状況（観測値の妥当性、周囲の積雪の代表性、計測間隔、欠測の有無）
- 風向風速計や気温計の観測環境など（周辺樹木や建物の影響の有無や程度）

こうした条件から検証観測箇所を選定して、施設内駐車場の舗装路面において検証に必要な観測を実施する。

3.2 検証観測箇所での観測内容

路面積雪量の予測手法の検証を行うため、特に以下の点に注意して検証観測箇所での観測を進めることとした。

■正確な降雪量の把握

積雪深計で計測される降雪量は、積雪深の1時間計測値の差を降雪量としている。しかし、積雪深は融解や沈降の影響を受けるので、この降雪量は厳密な意味での降雪

量ではない。本研究で検討する路面積雪量推定手法の検証では融解や沈降の影響をできるだけ受けない降雪量を知る必要がある。積雪深の差分で降雪量を観測する場合、その時間幅が大きいほど融解や圧密の影響を受けてしまうため、本研究の降雪量の観測では、積雪深の計測間隔を短くしてその積雪深差を累計することで、より正しい降雪量に近い値を得ることとした。計測間隔については計測機器によるが、積雪深を5分間隔で計測し、5分毎の積雪深差（値がマイナスの場合にはゼロとして扱う）を1時間分積算することで、1時間間隔で計測するより正確な降雪量に近い値が得られるはずである。なお、圧密の影響が顕著になっていく時間経過にも注意する。

■路面や雪面の表面温度

放射温度計を用いて路面上（積雪前状態）や雪面上の表面温度を計測する。熱収支法による積雪の融解過程を検証する上では、この表面温度の観測が重要と考える。路面が積雪状態になった際には、路体の温度が必要になるため、既設の埋設型の路面温度計がある場合にはその路面温度も利用できる。

■日射量と赤外放射量

本研究で検討している路面積雪量の予測手法では、気象庁モデルからは得られない日射量や赤外放射量を湿度や雲量などの他の気象予測値から推定することを想定している。路面積雪量予測手法の検証に際しては、熱収支法による手法そのものの妥当性を検証する必要がある。そこで、検証調査箇所の日射量と放射量を把握するため長短波放射計（図8）による観測を行う。



図8 長短波放射計

このほかの気象要素については、既設の道路テレメータの観測値を活用することとしている。

3.3 観測期間

検証調査箇所での気象観測は令和元年12月より開始し、令和2年2月まで観測を継続する予定である。この期間中

に観測された降雪事例を対象に路面積雪量の推定手法の検証を行う予定である。

4. 気象予測値を用いた路面積雪量予測の適用性の検証

路面積雪量等の現地観測は、前述した路面積雪量の予測手法を検証するためにも必要となる。これは真値に近い観測値を用い予測手法の妥当性を検証することに活用する。すなわち本研究で概成した路面積雪量予測手法が実際の道路管理に導入された場合、気象予測値の精度が影響して真値が導けない状況になっていないか確認するためである。特に、路面からの赤外線放射量（長波放射量）のように気象予測値から推定し活用データとする場合には、その誤差がさらに大きくなっている可能性があり、あわせてその誤差が許容範囲内かどうか 検証を進める。

その上で、本研究で概成した路面積雪量予測手法を用い、実際の予測での運用をイメージした時点での気象庁予測値を全球モデル（GSM）、メソモデル（MSM）、局地モデル（LFM）、降水量短時間予報から選択入力し、ここから算出される予測値と現地観測による観測値がどの程度の差違にあるか比較し、道路管理への適用性を検証していく。

路面積雪量予測手法の全体像を図9に示す。

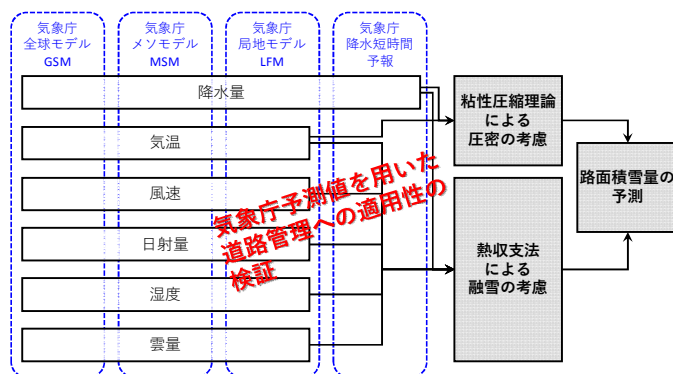


図9 路面積雪量予測手法

5. まとめ

現在観測前の状況にあり、観測結果との検証には至っていないが、観測結果と予測手法との検証を踏まえ、課題の整理を行い予測手法の再構築を行い、今回の東北地方とは異なる地域での検証を進める予定としている。

参考・引用文献

- 1) 近藤純正：水環境の気象学―地表面の水収支・熱収支―，朝倉書店，1994.
- 2) 小南裕示，遠藤八十一，庭野正二，潮田修一：積雪の粘性圧縮理論による降雪深の推定，雪氷，60，13-20，1998.

冬期の地域協働イベントと連携した地区防災の取り組み ～知床の全ての人が逃げ切れるまちづくりを目指して～

金田武*1 神明義*2 桜井あけみ*3 鍵屋一*4 高橋清*5
及川宏之*6 村澤直樹*6 橋本泰輝*6 大沼乃里子*7

1. はじめに

本稿は、世界自然遺産地域“知床”に位置する斜里町ウトロ地区における地区防災計画検討にあたり、冬期の津波避難時の問題点や課題を把握するため、地域主導で継続的に実施している「雪かきボランティア」と連携し、冬期避難訓練や意見交換会、E Vによる給電等に取り組んだ事例を紹介する。



図1.1. 取組実施箇所

2. 雪かきボランティアとウトロ地区防災計画

2.1. 雪かきボランティア

雪かきボランティアは、車道除雪により発生する道路脇の堆雪（雪壁）を、地域住民が主体となり民・官協働で除去する活動で、訪れた観光客に世界自然遺産“知床”の海や流氷などの美しい景色を提供したいという地域住民の『思いやり』により継続している。

平成19年度の本格的な活動以降、年々参加者が増加しており、平成28年度には国土交通大臣賞である『手づくり郷土賞』を受賞、平成31年2月の地区防災計画との共同実施では、地区住民や地元企業、関係行政合わせ総勢188名が参加した。

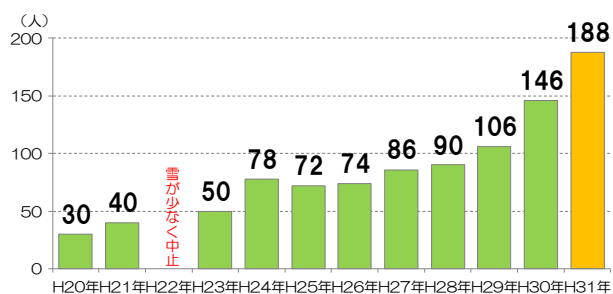


図2.1. 雪かきボランティア参加者数

除雪後は、地域住民や地元企業、関係団体や行政機関など、ボランティアに参加した全ての方が一同に揃い、昼食を兼ねた懇親会を開催し、ウトロ地区のまちづくりや道路行政に関する意見・情報の交換、地元企業の地域貢献に対する自治会からの表彰など、地域交流を兼ねた地域イベントとして認識されている。



図2.2. 雪かきボランティアの実施風景

2.2. ウトロ地区防災計画

地区防災計画とは、自治会レベルを対象とした災害時における避難や避難所運営などの行動計画である。

ウトロ地区は、人口約1,200人が居住し、外国人観光客を含め年間約120万人が訪れる日本を代表する観光地である。

津波発生時における地域住民や観光客の避難方法や冬期避難時の知見を得るなど、国内において先進的モデル地区となり得ることから、平成30年度の内閣府「地域で津波に備える地区防災計画策定支援対象地区」に選定され、平成30年6月よりウトロ地区防災計画の策定に着手している。

内閣府のアドバイザー派遣による勉強会やワークショップ等を重ね、ウトロ地区が抱える災害発生時の問題点や地域ニーズ、備える必要がある防災施設や避難時の行動計画を検討し、ウトロ地区防災計画において目指す3つの目標と実現に向けた基本方針を設定している。

☆ウトロ地区防災計画が目指すこと

- ・災害時に全ての方が『逃げ切れる』、『助けきる』
- ・日常を安心して暮らせる、過ごせること
- ・防災でウトロ地区のまちづくりを目指して

☆そのためには

- ・ウトロ地区の自治会・住民、企業、団体、行政が協力して防災を考える
- ・災害は、いつ来るかわからないから少しでも早く
- ・災害は、被害があって始めて災害。被害を防げば災害はなくなる

図2.3. ウトロ地区防災計画の基本方針

*1 株式会社ドーコン 交通事業本部 交通部

*3 まちづくりグループ しれとこ・ウトロフォーラム 21

*5 北見工業大学 工学部 社会環境工学科

*7 国土防災技術(株) 技術本部 技術部

*2 国土交通省 北海道開発局 網走開発建設部

*4 跡見学園女子大学 観光コミュニティ学部

*6 株式会社ドーコン 交通事業本部 防災保全部

基本方針の実現を目指し、災害発生から避難解除までの各フェーズにおいて必要な項目を整理し、本稿であげる取組みを経て、平成31年3月「ウトロ地区防災計画基本計画」を策定した。



■自治会主催の勉強会



■ワークショップ（内閣府支援2回）



■ウトロ学校 地域防災塾（地域主体）
講師：ポウジョレヌプロジェクト中井様

図2.4. 勉強会・ワークショップ・地域防災塾実施風景

3. 雪かきボランティアと連携した避難訓練の実施

3.1. 津波発生時のウトロ地区の問題点と対策検討

ウトロ地区が抱える津波災害時の問題点は、「限られた高台への避難路」「避難路の路面凍結や堆雪による通行支障」「地域情報を持たない観光客の避難誘導」である。

特に地域住民の避難が集中するウトロ漁村センターへの避難路（町道ウトロ環状道路 以降通称の香川坂と表記）は、最急勾配約11%、幅員7.5m、歩道幅員0.75mと狭小のため、避難者と車両の接触や先詰まりによる避難遅れの懸念がある。

この様に限られた避難路を、安全で確実に、かつ有効利用する避難ルールの検討は、地域住民や観光客の避難において重要なポイントと考えられ、発案した避難ルールの有効性を検証しつつ、地区防災計画に反映する必要があった。



図3.1. ウトロ地区の避難経路

香川坂の有効的な活用案としては、災害発生時に高台からの下り方向を一時的に通行止めすることで一方通行化し、車両交錯を減らすと共に、徒歩による避難者が歩道に加え通行止めとなった下り車線も利用する避難ルールが発案された。

検証方法は、毎年実施する地域主催の雪かきボランティアに合わせた冬期避難訓練を実施し、一方通行化による効果の検証や冬期間の避難状況を把握することとした。また、身体が冷えた避難者への配慮、停電時の電力確保としてEV車の活用、大人数が避難した際の炊き出し訓練なども併せて実施し、知見を得ることとした。

3.2. 冬期避難訓練での検証項目と実施方法

例年の雪かきボランティアのプログラムは、雪かき活動と昼食を兼ねた懇親会で構成されている。そこで雪かき活動終了後、津波サイレン及び防災アナウンスを吹鳴し、ボランティア参加者は、概ね決められた地区内各所から避難を開始し、指定避難場所のウトロ漁村センターへ避難する。

避難後は、雪かきボランティアの懇親会と冬期避難に関する意見交換会を実施し、一方通行化に対する意見や避難時の問題点についてディスカッションを行うこととした。

また、冬期避難時の所要時間や避難者の行動・動線などを把握する補足調査も実施することとした。

検証項目	補足調査
①一方通行化による車両・歩行者の動き	定点カメラ設置による挙動・導線確認
②避難路の容量把握	GPSロガー調査
③ウトロ地区各所からの避難時所要時間	アンケート調査
④避難時の動向把握	

図3.2. 検証項目と補足調査

3.3. 雪かきボランティア及び冬期避難訓練の実施

雪かきボランティア及び冬期避難訓練は、平成31年2月8日に実施し、大寒波の中、地域住民や地元企業、関係団体、道内外の観光客等、総数188名（図2.1.）と前年を上回る参加人数となった。



■冬期路面の歩行避難



■雪かきボランティア開会式



■EV車両の活用（暖房・甘酒の提供）



■炊き出し訓練（豚汁・とろろ他）



■冬期避難に関する意見交換会

図3.3. 冬期避難訓練及び意見交換会の状況

4. 得られた知見と地区防災計画への反映

4.1. 香川坂一方通行化による知見

狭小急勾配の歩道では、避難者の歩行速度の違いから、先詰まりが起りやすい。更に凍結路面では歩行速度が低下し、スムーズな避難は難しい。しかしながら、通行止めした車線があれば、車道を活用した先行者の追い越しや避難者集中時に車道を歩行した避難も可能となる。また避難車両にとっては、路側の堆雪により減速が必要なカーブでも、対向車線へはみ出して通行することが可能であり、走行性は向上する。

ウトロ地区の地区防災計画では、津波災害発生時における一方通行化は有効な手段として考え、香川坂一路線に限定し、ウトロ地区独自の避難ルールとして採用した。



図4.1. 香川坂の歩行状況



図4.2. センターラインを超えた走行

4.2. 冬期の避難路における交通容量

香川坂で避難する車両速度は、他の避難路の約29.0～34.6km/hに対し、約18～27km/hと低速度で、連続した車両通過時の車頭間隔も約3秒と広く、急勾配に加え凍結路面が速度低下や車間確保に拍車をかけていると考えられ、この結果から津波到達までの10分間に香川坂を通過可能な台数は約200台と想定される。

今回の避難訓練参加者の交通手段は約8割が自動車で避難しており、津波発生時に避難が必要な区域内世帯（約230世帯）の約8割（184世帯）及び観光客の自動車避難を考えると避難路の容量不足が懸念される。

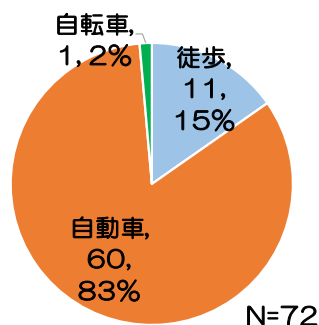


図4.3. ウトロ居住者の避難手段

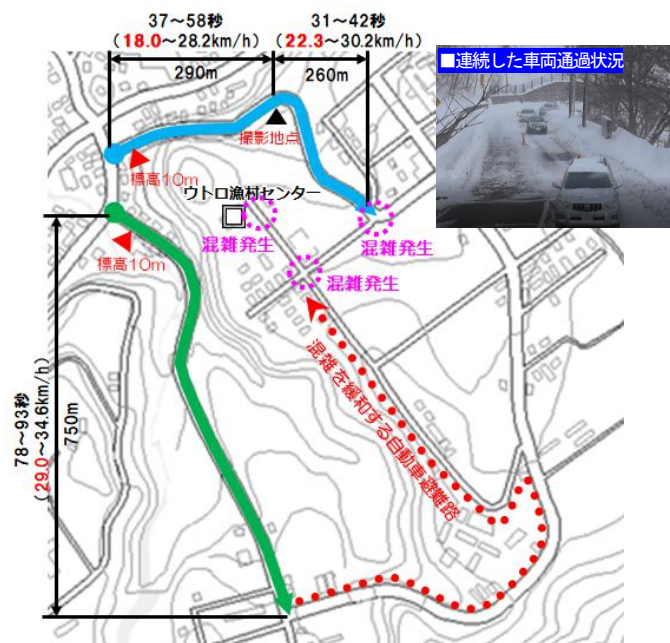


図4.4. 避難時の車両走行速度と避難状況

また今回の訓練では、サイレン吹鳴後の約20分間に香川坂を通過した車両は53台であったが、香川坂頂上部の交差点では、避難施設駐車場から繋がる車列により混雑が発生した。

原因としては、避難施設の駐車台数約60台に対し、短時間

に車両が集中し入庫待ち時間が増加、更に雪の影響で駐車枠が不明瞭となり車両間隔が広がり、駐車台数が減少したと考えられる。この結果を踏まえ、ウトロ地区では、事前に班別の避難先と避難時利用ルートを指定し車両の分散、避難施設の駐車台数及び優先車両の通行確保を考え、安全な高台での迂回ルートによる避難ルール、使用可能な駐車場のあるホテル・施設を一時避難場所に追加する対策を計画に盛り込んだ。

4.3. 冬期の避難者動向（避難者アンケート）

今回の避難訓練参加者の動向では、地区中心から離れたエリアで津波サイレンや防災アナウンスが「聞こえなかった」との回答が多く、特に防災アナウンスは、冬期の風向きや風速の影響により聞こえない割合が増加すると考えられる。

ウトロ地区防災計画では、津波サイレンの強化に加え、津波サイレンを補完し、確実に情報を伝達するため、今後、SNS等を用いた新たな情報共有手段の検討を計画に盛り込むこととした。

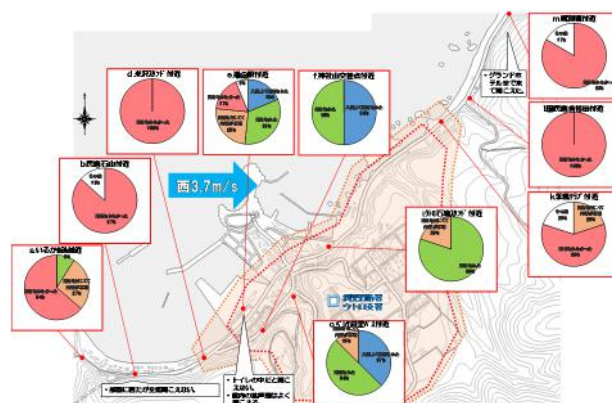


図4.5. 防災アナウンスの認識状況

4.4. EV車両の活用と冬期避難者への配慮

冬期間の歩行避難では、防寒着を着用しても避難者の体温低下が懸念され、避難施設到着後、早期に身体を温める対策が必要となる。また災害による停電発生時、使える電力確保は重要であり、EV車両を活用して冬期避難者の体温を暖める配慮に取り組んだ。具体的な方法としては、近隣ホテルで充電した電力をEV車両が媒体となり輸送、避難施設でEV車両（日産セレナE-NV200 24KWh）から給電したブラインドヒーターによる暖房や保温ジャー2台を活用した甘酒を避難者に提供した。

EV車両のバッテリー使用状況では、ブラインドヒーター及び保温ジャー2台 合計0.5KWを約75分稼働、バッテリー総量の約5%を供給した。この結果からフル充電で同程度の給電を20時間以上見込め、非常用電源を備える近隣ホテルで充電した電力を避難所で提供することは実用的と考えられる。また避難施設での甘酒や暖房の提供は、外気温-13℃、平均風速3.0m/hの中を歩いてきた避難者に好評であった。

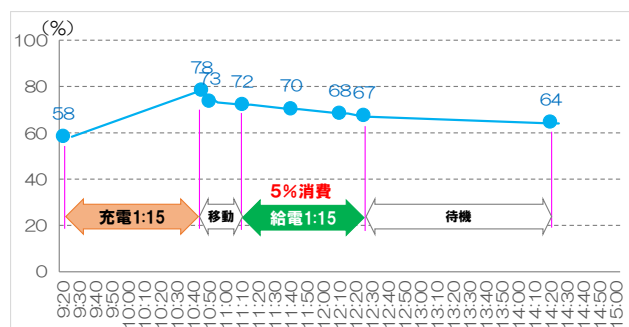


図4.6. EV車両の電力推移

5. 地域イベントと連携した地区防災計画検討の効果

ウトロ地区で実施した雪かきボランティア及び冬期避難訓練（地区防災計画）は、どちらも地域・自治会が主体のため、構想から実現までのタイムスケジュールが短く参加関係者の意識共有が図りやすい利点がある。また一般的に、雪・災害対策は行政を頼りがちであるが、自分達の出来ることは自分達で取り組むという一体感を波及することが出来た。

それぞれの活動で見ると、雪かきボランティアは、これまでの参加者に加え、防災意識の高い新たな参加者の獲得により参加者が増加した。

地区防災計画では、自治会や地区住民、観光関係者、観光客、地域企業等が一同に会して食事し、和やかな雰囲気での意見交換、情報共有と共に、約200名に対する炊き出し訓練や複数被験者の確保等の利点がある。更に、地域防災で重要な地域住民の防災意識向上は最大の利点であると考えられる。

ウトロ地区では、雪かきボランティアと冬期避難訓練を今後も継続的に実施し、地域の防災意識向上や防災体制の強化に役立てる予定である。

地区防災計画は、冬期避難訓練の知見を踏まえ、基本計画及びウトロ地区避難マップを作成し、令和元年8月に避難マップをウトロ地区全戸へ配布した。また令和元年は、基本計画に基づき、避難路点検や防災・避難訓練を実施、自治会による避難所運営支援の検討などを実施し、現在は自治会、地域住民、行政機関、関係団体、企業が協働し、詳細計画作成に取り組んでおり、継続的に防災力強化を推進している。

6. さいごに

ウトロ地区の地区防災計画策定は、「地域で津波に備える地区防災計画策定支援対象地区」として、内閣府からのアドバイザー及び受注業者、(国研)防災科学技術研究所、ウトロ自治会からの要望により、地域に精通した北見工業大学や道路管理者、コンサルタント企業が参画し、推進体制を確保、地区防災計画策定に至っている。

本稿の作成にあたっては、地区防災計画の実施主体である
ウトロ自治会の皆様や(国研)防災科学技術研究所の皆様、B
R Pボウジョレーヌプロジェクト中井様など、多数の方々
のご協力を頂き、取りまとめに至っている。

最後に、ウトロ地区防災計画策定に関係する皆様、国道334号斜里ウトロ間路線連絡会議に関係する皆様に感謝の意を表します。

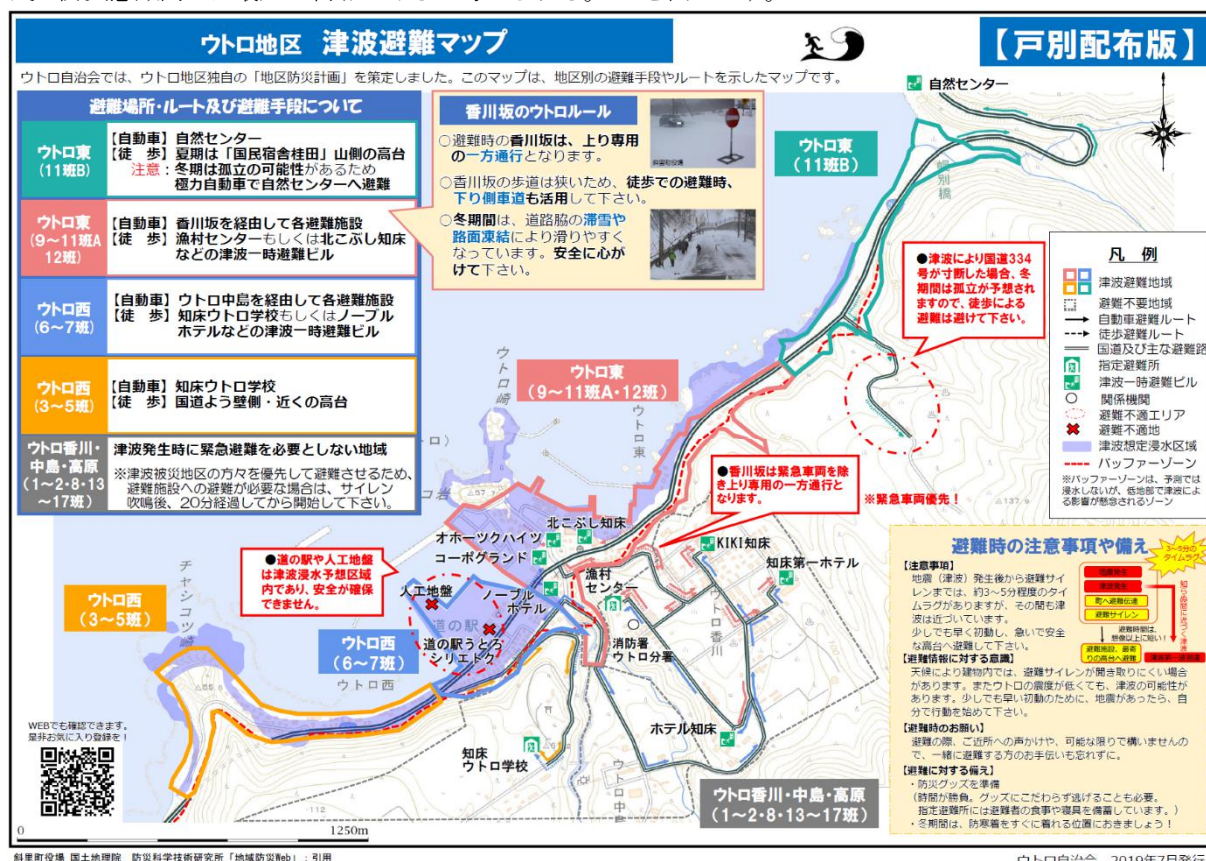


図 5.1. ウトロ地区避難マップ（（国研）防災科学技術研究所 地域防災 web より）

インターネットサイト「吹雪の視界情報」の利用者アンケートの結果について

大久保幸治* 1 原田裕介* 1 武知洋太* 1 大宮 哲* 1 高橋丞二* 1 松澤 勝* 1

1. はじめに

積雪寒冷地の冬期道路では、吹雪による視程障害がしばしば発生するなど厳しい走行環境にあり、これらが原因となる交通障害は社会的に大きな影響を与えている。平成25年3月に北海道を襲った暴風雪では、多数の道路が長期間にわたって通行止めになり、さらに9名の方が亡くなる等大きな被害が発生した。これら暴風雪の被害を減らすため、道路管理者は防雪柵等のハード対策を行うことで吹雪災害の軽減に取り組んでいる。しかし、ハード対策を進めるには時間と費用を要する。そこで、ハード対策に加えてソフト対策によるドライバーの行動判断を支援することが必要で、吹雪の現況及び予測情報を提供することがあげられる。

寒地土木研究所では、平成25年2月よりインターネットサイト『北の道ナビ 吹雪の視界情報（北海道版）』（以下、『吹雪の視界情報』という。図1参照）において、北海道内の視界の現況と予測情報の提供実験を開始した。平成30年度冬期の日平均アクセス数は6,035件（集計期間：平成30年12月1日～平成31年3月31日）であり、提供を開始した平成24年度冬期から約4倍増加している（図2）。また、『吹雪の視界情報』の提供実験終了前後に利用者アンケートを平成26年度と28年度に実施し、その結果を用いて吹雪時の交通行動に与える影響を分析している。これまで、ホワイトアウト経験者の方が未経験者よりも移動距離に関わらず“視界が悪くてもその道路を運転する”と回答する割合が高いこと¹⁾、『吹雪の視界情報』を利用して吹雪を回避する行動変化を起こしていることが明らかになった²⁾。

本稿では、『吹雪の視界情報』のさらなる高度化に向けて、ドライバーの交通行動に対する影響や、ユーザーニーズやサイト利用の実態を把握するため、平成30年度に利用者アンケートを実施したので、その結果について報告する。なお、対象物を視認できる最大距離を意味する気象用語としては「視程」が正しいが、本情報提供は一般ドライバー向けに行うため、より一般に使われることの多い「視界」という用語を用いた。そのため、本論文でも視界を視程と同義とする。

2. 『吹雪の視界情報』の概要

『吹雪の視界情報』は、①視界情報、②吹雪の投稿情報、③気象警報・注意報、④道路通行止め情報、⑤お役立ち情報から構成されている（図1）。ここでは、図1の赤枠内の①視界情報について詳述する。視界情報は、北海道を

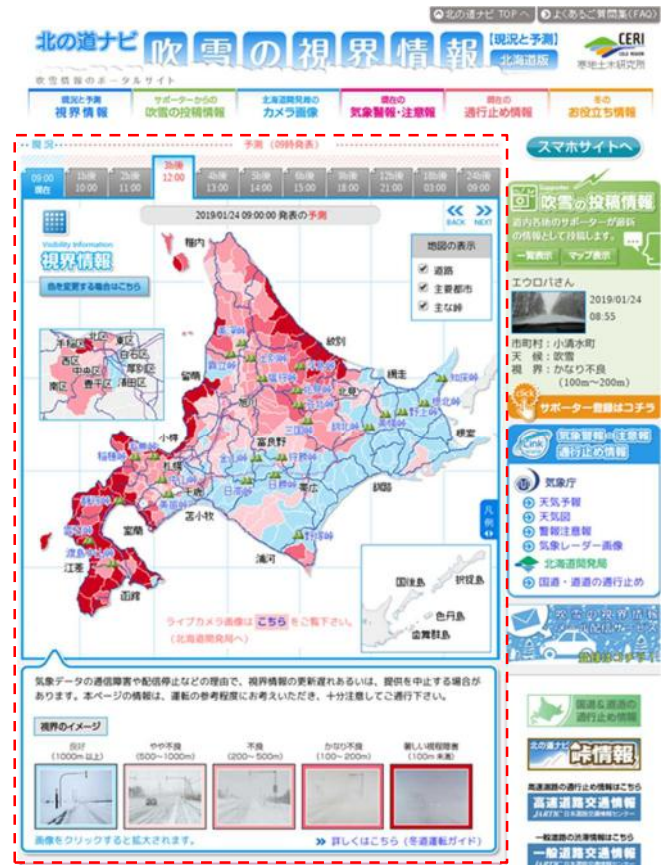


図1 「北の道ナビ 吹雪の視界情報（北海道版）」
URL : <http://northern-road.jp/navi/touge/fubuki.htm>

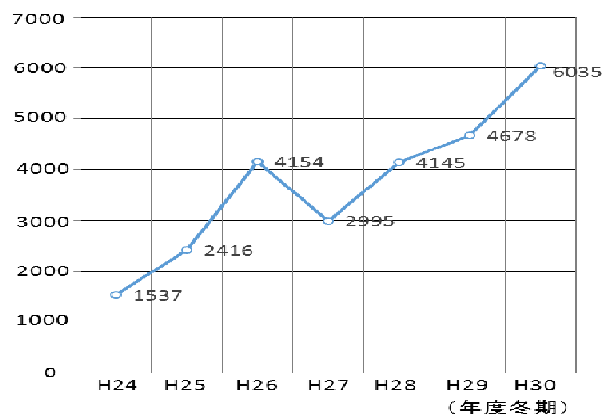


図2 「吹雪の視界情報」の日平均アクセス数の推移

221地区に細分化したエリアで表示され、現況及び1～6時間までは1時間ごと、それ以降は9、12、18、24時間先までの予測した情報である。視程の程度は、吹雪時のドライバーの運転挙動に関する研究成果³⁾を基に、視程100m未満、100～100m、200～500m、500～1,000m、1000m以上の5ラン

* 1 国立研究開発法人土木研究所 寒地土木研究所

クに区分し、色分けして表示している。これらの情報は、気象庁から配信される降水強度等の気象値を入力値として、当研究所で開発した気象条件から視程を推測する手法⁴⁾により算出した予測結果を基に提供している（図3）。なお、視界情報の提供は、気象庁から許可を受け、当研究所の気象予報士が妥当性を事前に確認の上で公開している（予報業務許可事業者第183号）。

3. 調査方法

『吹雪の視界情報』の利用実態、ドライバーの交通行動に与えている影響の把握、並びに『吹雪の視界情報』の高度化を図るためのソーシャルネットワークサービスを活用した情報提供に関するユーザーニーズの拾い出しを目的に、表1と表2に示すアンケート調査内容を利用者に対し行った。表2では、仕事（通勤、運輸等）における視界不良の程度及び走行距離がドライバーの行動判断に与えている影響を評価するため、以下a)～b)に示す条件に対し、c)に示した交通行動について設問した。

a) 視界の状況

視界の状況は、『吹雪の視界情報』（図1）で提供している視界のランクを基準とした4パターンを設定した。

b) 走行距離

走行距離は、市内での移動(5km)、隣接市町村までの移動(20km)、視界良好時であれば運転所要時間が1時間程度の移動(60km)、並びに2時間程度の移動(120km)を想定し、それぞれで運転判断が変化するか把握するため、4パターンを設定した。

c) 運転行動の内容

運転行動の内容は、運転をする、運転を止めるの2極化を避け、かつ適切な程度を把握するため、3パターンとした。

アンケートは、『吹雪の視界情報』ホームページ（図1）に、上記調査内容をweb回答形式に加工したページをリンクさせ、利用者に事前周知のうえ平成31年3月20日～4月10日に実施した。本アンケートでは、952名の有効回答を得た。

また、『吹雪の視界情報』の利用実態とドライバーの交通行動に与えている影響の把握について、平成26年度と28年度に実施した利用者アンケート調査の結果と本調査を比較した。

4. 調査結果

4.1 回答者の属性

1) 年齢構成と男女比

アンケート回答者の年齢構成は、20歳代から50歳代までが73%、60歳代以上が27%であり、前回までの平成26年度冬期、平成28年度冬期の調査に比べて20歳代から50歳代が11%減少し、60歳代以上が11%増加した（図4）。男女比は、男性が77%、女性が23%で、前回の調査から女性が5%増加増加した（図5）。

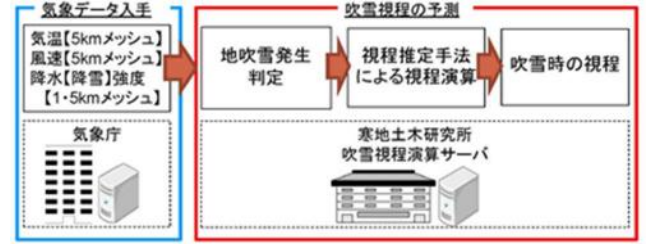


図3 「視界情報」の視程予測の流れ

表1 アンケート調査内容（抜粋）

設 問		回答選択肢			
年 齢		19歳以下	20歳代	30歳代	40歳代
		50歳代	60歳代	70歳以上	
性 別		男性	女性		
いつ「吹雪の視界情報」を知ったか		H29年度以前から	H30年度から		
吹雪の視界情報 をどのように知ったか (H30年度から知った人のみ)		講演会での紹介	ポスターを見た・チラシ、 広報誌での紹介	テレビ、新聞などのメディア で紹介	SNS(Twitter, Facebook など)での紹介
		別サイトからのリンク	検索の結果 (googleや yahooなど)	知人からの紹介	その他
「吹雪の視界情報」の利用目的は何か (複数回答可)		通勤	仕事(運輸)	仕事(除雪などの道路管 理)	仕事(その他)
		ドライブ、旅行	外出を伴う用(買物、通 院など)	その他	
視程障害による立ち往生・避難等の経験はあるか		経験したことがある	経験したことがない		
仕事で自動車運転しようとしている時に視界不良が発生した場合、どのような行動をとるか。		表2のとおり			
SNS(ソーシャルネットワークサービス)を利用しているか。	LINE	利用している	利用していない		
	Facebook	利用している	利用していない		
	Twitter	利用している	利用していない		
	Instagram	利用している	利用していない		
	その他	利用している	利用していない		
SNSの利用目的は何か (利用しているSNSごとに回答)		電話やメールに代わり、連絡 やコミュニケーションをとるため	自分が知りたい、使いたい と思う情報を収集するため	人に伝えたい、広めたいと思 う情報を発信するため	その他
SNSで吹雪や地震などの災害情報が提供される場合、どこからの情報が信用できるか。		官公庁や専門機関等からの情報	友人や知人からの情報	知らない人からの情報	
吹雪や地震など災害情報を提供しているページやアカウントをフォローや友だち登録しているか。		フォローや友だち登録をしている	フォローや友だち登録をしていないが、今後は登録する予定である	フォローや友だち登録はしていない、また今後も登録する予定はない	
今後、SNSで「吹雪の視界情報」が利用できるようになった場合、利用するか。		利用する	利用しない		

表2 運転行動の選定に関わる運転条件と選択肢

運転条件				
a) 視界の状況	100m未満 (著しい視程障害)	100～200m (かなり不良)	200～500m (不良)	500～1000m (やや不良)
b) 走行距離	5km	20km	60km	120km
運転行動の内容				
c) 回答内容	運転するのを止める	注意しながら運転する	視界が悪くても運転する	

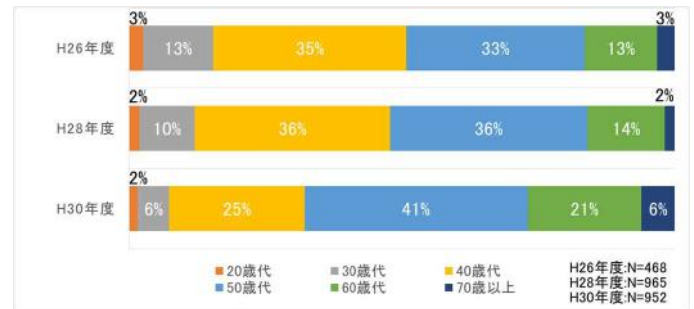


図4 回答者の年齢構成の推移

2) 『吹雪の視界情報』の利用実態

『吹雪の視界情報』をいつ知ったかの設問に対し“平成29年度以前から”と回答した割合は89%、“平成30年度から”は11%（図6）であった。また、平成30年度から知ったと回答した人を対象に『吹雪の視界情報』をどのように知ったかという設問に対しては、ポスター、チラシ、テレビ、新聞等と回答した割合が全体の34%（図7）であり、ポスター配布等の啓蒙活動の効果が出ていることが伺えた。『吹雪の視界情報』の利用目的は、通勤が49%、ドライブや旅行が51%であり、これらを目的とした利用は平成26年度冬期よりも10%以上増加した（図8）。

3) 視程障害による立ち往生等の経験

過去に自動車以外で外出中に視程障害により立ち往生、避難等を経験したことがあるかの設問に対し、“経験したことがある”の回答が41%で、前回（平成26年度）より10%低い回答であった（図9）。

4) 視界不良予測時の行動変化

現在住んでいる地域で視界不良（視程200m未満）の発生が予測された場合の行動変化について、回答結果を図10に示す。最も多かった回答は「行動や予定を変更する、または変更するが多い」で73%であった。このことから、交通行動の判断に『吹雪の視界情報』を参考にしていることが伺える。

4.2 視界状況と走行距離による運転行動の判断

本調査（平成30年度調査）では、視界状況と走行距離による運転行動の判断に際し、外出目的を仕事（通勤、運輸等）



図5 回答者の男女比の推移

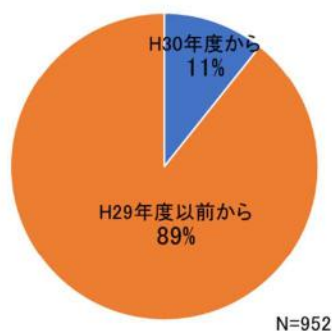


図6 『吹雪の視界情報』をいつ知ったか

における場合としてアンケートを実施した。一方、平成28年度調査では、外出目的を私用（ドライブ、旅行、買い物等）における場合として表2と同様の条件でアンケートを実施した¹⁾。ここでは、仕事と私用の差異による交通行動の変化を

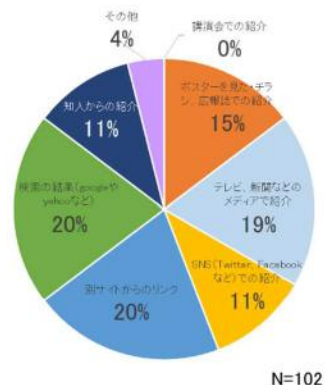


図7 『吹雪の視界情報』をどのように知ったか

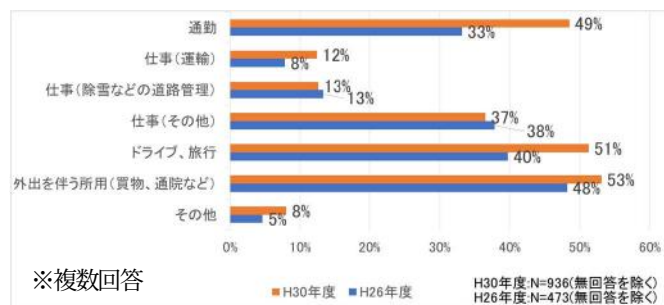


図8 「吹雪の視界情報」の利用目的

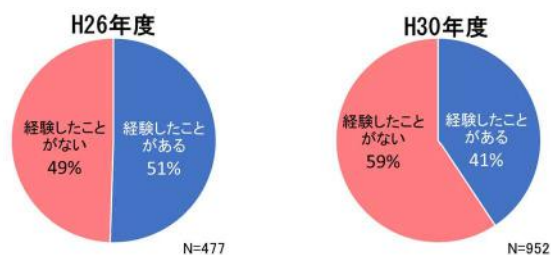


図9 視程障害による立ち往生・避難等の経験の有無

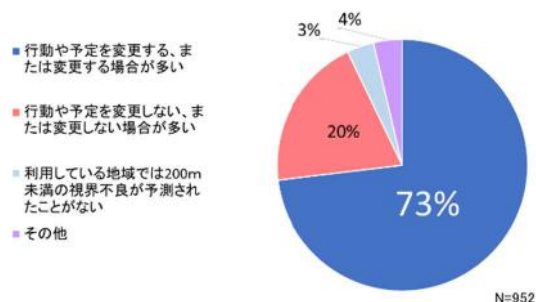


図10 視界不良発生が予測された時の行動変更

把握するために、2つのアンケート集計結果を図11に比較した。その結果、「運転するのを止める」と回答した割合は、視程に関わらず走行距離が長くなるにつれて高くなる傾向であった。この傾向に仕事、私用による差は見られなかった。しかし、視程200m未満の場合、走行距離5km～120kmまでのいずれのケースでも「運転するのをやめる」の割合は、外出目的が仕事の方が私用よりも低くなった。次に、「注意しながら運転する」の割合は、視程200m未満は走行距離が長くなるにつれて低くなるのに対し、視程200m以上は走行距離による大きな変化は見られなかった。この傾向に仕事、私用による差は見られなかった。いずれの視程でも「注意しながら運転する」の割合は、仕事の方が私用より高くなった。加えて、「視界が悪くても運転する」の割合は、走行距離が長くなる

設問 仕事で自動車を運転しようとしている時に視界不良が発生した場合、どのような行動をとるか。

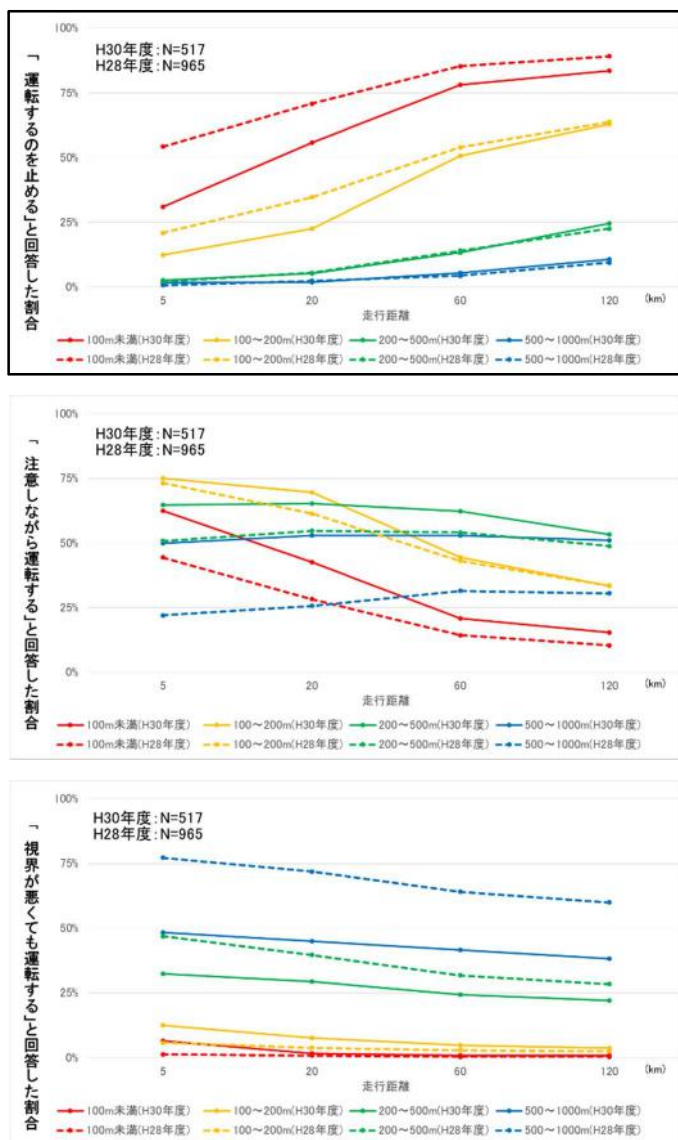


図11 視界状況と走行距離による運転行動の判断 (仕事、私用)

につれて低くなる傾向であるが、変化の度合いは小さい。視程200m未満は「視界が悪くても運転する」の割合は、仕事の方が私用に比べて僅かに高いが、視程200m以上では私用の方が高くなった。

平成30年度の調査で「運転するのを止める」(図11上)と回答した中から、利用目的から仕事に関係するものを抽出した結果を、通勤、運輸、道路管理、その他の4つに分類のうえ図12に示した。その結果、通勤は視程、走行距離に関わら

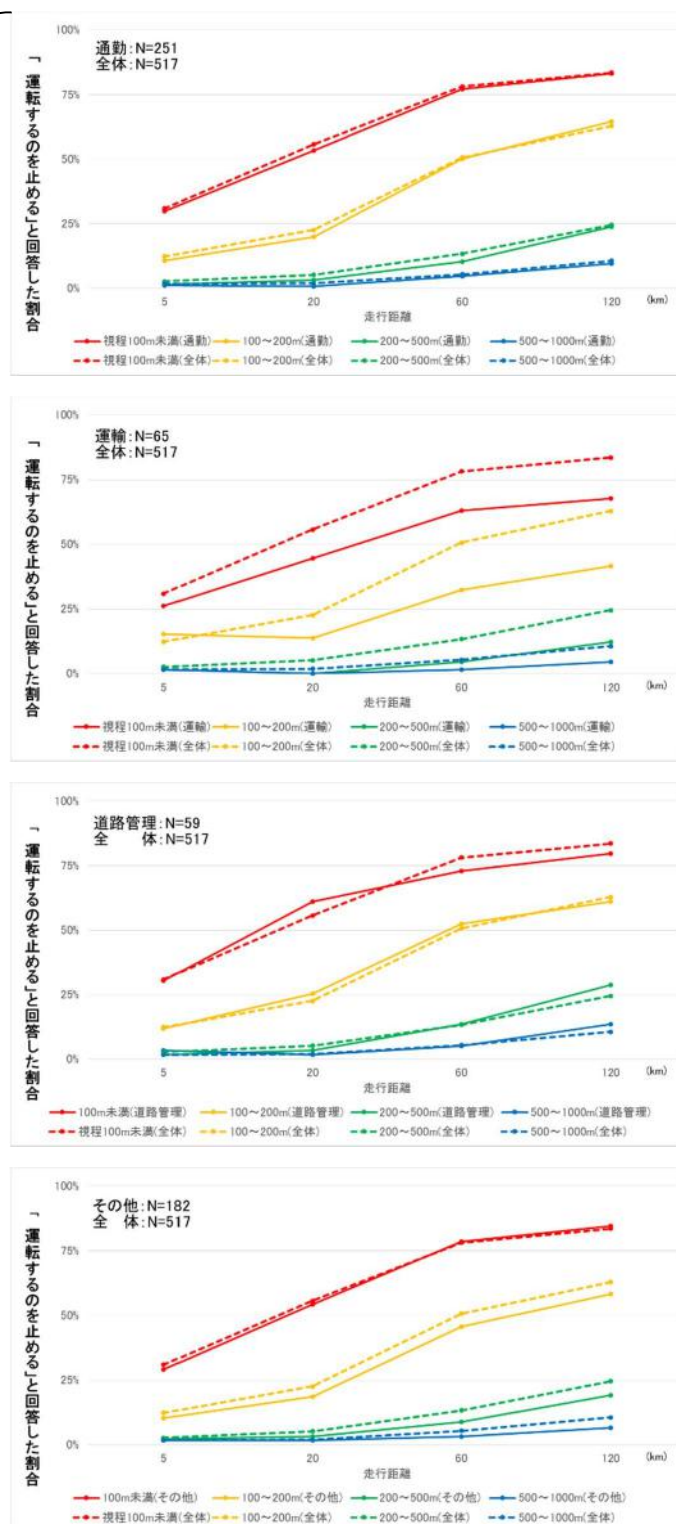


図12 視界状況と走行距離による運転行動の判断(仕事4分類)

ず走行距離が長くなるにつれて「運転するのをやめる」と回答した割合が高くなる傾向であり、割合も図11上に示す仕事全体とほぼ同じであった。これは道路管理とその他でも同様であった。次に、運輸は走行距離が長くなるにつれて「運転するのを止める」の割合が高くなる傾向は、仕事全体（図11上）と同様であった。しかし、視程200m未満で走行距離が20～120kmの場合に「運転するのを止める」と回答した割合が仕事全体（図11上）より低く、走行距離が長いほど全体との乖離が大きくなっていた。

4.3 ソーシャルネットワークサービス（SNS）の活用可能性

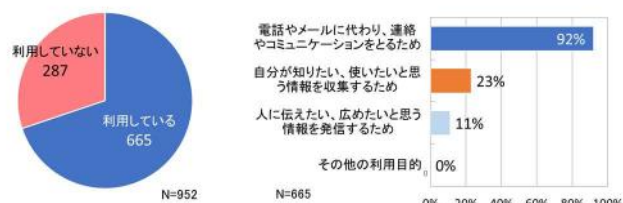
図10より、『吹雪の視界情報』が交通行動の判断支援に利用されていることが分かった。特に、視界不良の予測時に行動や予定を変更する等の安全側に行動変化していることから、『吹雪の視界情報』は暴風雪災害の被害軽減に貢献しており、利用者を拡大することはさらなる暴風雪災害の被害軽減に繋がるのが期待できる。また、どのように『吹雪の視界情報』を知ったかの設問に対し“SNS（Twitter、Facebookなど）での紹介”は全体の11%であった（図7）。ポスター、メディア等による『吹雪の視界情報』の啓蒙活動により知ったのが全体の34%と一定の効果がみられるため、SNSでの紹介による利用者を拡大することが可能かアンケートの回答結果から分析した。現在、多種多様なSNSがあるが、比較的一般的と思われるLINE、Facebook、Twitter、Instagramの4つについて、アンケート回答者の利用状況及び利用目的を図13にまとめた。利用しているSNSで最も多いのはLINEであるが、利用目的が“自分が知りたい、使いたいと思う情報を収集するため”とした回答の割合が最も多いSNSはTwitterであり、“人に伝えたい、広めたいと思う情報を発信するため”と回答した割合が最も多いSNSはInstagramであった。このことから、SNSを利用目的に応じて使い分けている実態が分かった。

SNSで吹雪や地震等の災害情報が提供される場合、どこからの情報を信用できるかの設問に対し、官公庁や専門機関からの発信情報は“とても信用できる”、“やや信用できる”が全体の9割以上であり、友人や知人からの情報も6割以上であった。このことから、当研究所が吹雪の視界情報に関する情報を発信し、その情報がSNS利用者を通じて友人・知人に拡散されても、情報の信用度は大きく低下しないことが伺えた（図14）。また、SNSを用いて吹雪や地震などの災害情報を提供しているページやアカウントをフォローや友だち登録をしているかの設問に対し、“フォローや友だち登録している”は全体の22%であったが、“フォローや友だち登録をしていないが、今後は登録する予定である”の34%を含めると、全体の半数以上が災害情報元とのフォローや友だち登録が必要と考えており、災害情報への関心の高さが伺えた（図15）。

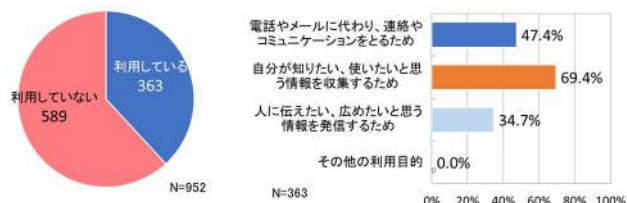
今後、SNSで『吹雪の視界情報』が利用できるようなっ

た場合利用するかの設問に対し、“利用する”は全体の75%と高い結果であり（図16）、『吹雪の視界情報』でSNSを利用することの有意性が確認できた。「平成30年度 情報通信メディアの利用時間と情報行動に関する調査（総務省）」⁵⁾によれば、SNSの全年代の利用率は毎年向上しており、特に10～30代のSNSの利用率が他の世代より高いことが示されている。図5に示す利用者アンケートの年齢構成のうち、20代と30代は全体の1割以下（ドライバーを対象とするため、10代を除く）であった。今後、『吹雪の視界情報』にSNSを取り入れることで、20代と30代利用者の増加が期待できる。

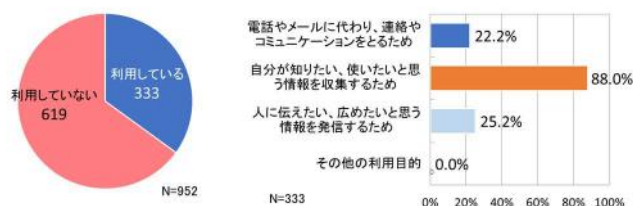
■ LINE



■ Facebook



■ Twitter



■ Instagram

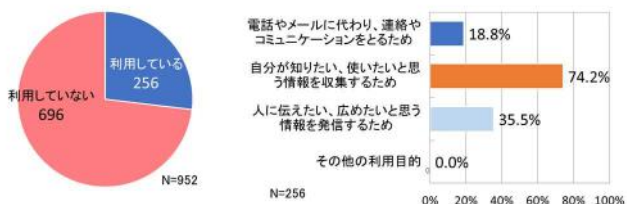


図13 SNSの利用状況及び利用目的

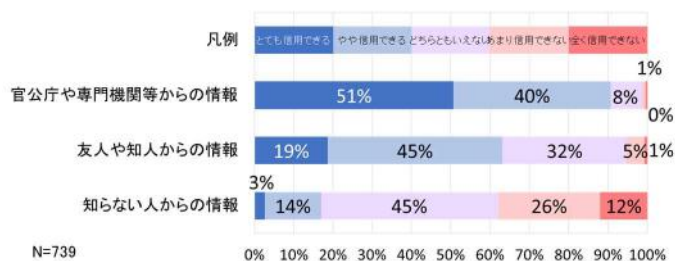


図14 災害情報の発信先の信用度

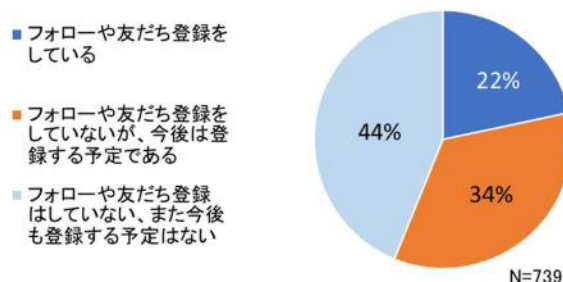


図15 災害情報を提供しているサイト・アカウントとの
フォロー・友だち登録の状況

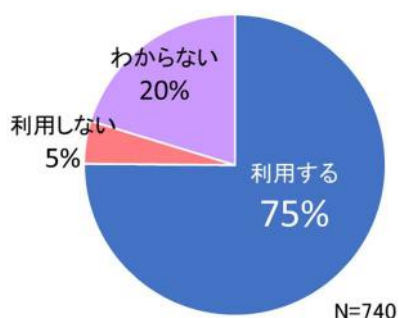


図16 「吹雪の視界情報」がSNSを利用できるようになった
場合の利用の有無

5. おわりに

暴風雪時におけるドライバーの行動判断を支援するために、吹雪時の視程予測に関する情報提供実験を行った。その後、『吹雪の視界情報』の高度化に向けたユーザーニーズ、サイト利用実態及びドライバーの交通行動への影響の変化を把握することを目的にアンケート調査を行った。その結果、以下のことが分かった。

- (1) 『吹雪の視界情報』で視界不良が予測された場合、73%の利用者が「行動や予定を変更する、または変更する場面が多い」と回答した。このことから交通行動の判断に『吹雪の視界情報』を参考にしていることが分かった。
- (2) 視界状況と走行距離による運転行動の判断に際し、自動車外出する場合、視界200m未満だと移動距離に関係な

く「運転するのをやめる」と回答した割合は、仕事の方が私用より低かった。また、仕事で運転する場合、視程200m未満で走行距離が20～120kmの場合に「運転するのを止める」と回答した割合は運転が仕事全体より低く、走行距離が長くなるほどその乖離が大きくなっていた。

- (3) SNS で吹雪や地震等の災害情報が提供される場合、官公庁や専門機関からの発信情報を“とても信用できる”、“やや信用できる”と全体の9割以上が考えていた。また、SNS で『吹雪の視界情報』を利用できるようになった場合、75%が利用したいと考えていた。

令和元年度は、『吹雪の視界情報』に SNS を取り入れることを予定している。SNS を利用することで、これまで『吹雪の視界情報』の利用が少なかったと考えられる20歳代、30歳代を主な対象として、暴風雪時に安全な交通行動への判断を支援することで、災害の被害軽減を図りたい。

謝辞

本研究の実施に関して、『吹雪の視界情報』の周知やアンケートに協力していただいた各位に謝意を示す。

参考文献

- 1) 國分徹哉，原田裕介，武知洋太，大宮哲，西村敦史，松澤 勝：吹雪視程情報予測による行動判断の支援について，ふゆトピア研究発表会，2017
- 2) 西村敦史，國分徹哉，武知洋太，大宮哲，松澤 勝：5冬期にわたるインターネットによる「吹雪の視界情報」提供実験の成果と今後の取組について，ふゆトピア研究発表会，2018
- 3) 加治屋安彦，松澤 勝，鈴木武彦，丹治和博，永田泰浩，2004：降雪・吹雪による視程障害条件下のドライバーの運転挙動に関する一考察．寒地技術論文・報告集，20，325-331.
- 4) 松澤 勝，竹内政夫，2002：気象条件から視程を推定する手法の研究．雪氷，64，77-85.
- 5) 総務省：平成30年度情報通信メディアの利用時間と情報行動に関する調査，http://www.soumu.go.jp/main_content/000644168.pdf，2019年10月4日閲覧

暴風雪時の立ち往生に関する検討事例 ～暴風雪時の効果的な対応に向けて～

山崎 英雄^{*1}、菅野 圭一^{*1}、石井 孝典^{*2}

1. はじめに

近年、集中的な大雪により大規模な車両滞留や長時間の通行止めが繰返し発生していることを踏まえ、国土交通省では、大雪による道路交通への影響を減らすために今後取り組むべき課題を検討するため、『冬期道路交通確保対策検討委員会』（委員長：石田東生筑波大学名誉教授）を平成30年2月に設置し、同年5月、『大雪時の道路交通確保対策中間とりまとめ』として、当該委員会の提言が取りまとめられた。

それらを受け、北海道開発局室蘭開発建設部では、過去の暴風雪・大雪を踏まえ、立ち往生の予防と早期解消にむけた『冬期道路交通確保対策』の検討を実施した。

本稿では、暴風雪時の立ち往生に関する検討について述べる。

2. 近年の北海道における暴風雪・大雪の影響と現地対応

北海道では、平成30年3月1日から2日にかけて、暴風雪と大雪による『人命に関わるような暴風雪や大雪となる可能性がある』と予報され、実際に暴風雪が発生した。太平洋側を中心に50cm以上的大雪となった悪天候により、道内の国道の通行止めは、3月1日から4日にかけてのべ26路線45区間、約944kmが通行止めとなった。暴風雪に伴い、スタック車両や故障車等を原因とする立ち往生が発生したが、速やかな現地対応を行うことで立ち往生規模の拡大を最小限にとどめた（写真-1）。



写真-1 立ち往生の車両周辺除雪（上）
除雪車による緊急車両の先導（下）

3. 室蘭開発建設部における検討事項

3-1 除雪等強化区間への除雪支援体制の検討

(1) 予防的通行止め区間及び除雪強化区間の選定

予防的通行止めとは、集中的な大雪で車両滞留が予測される場合に、道路ネットワーク全体として通行止め時間の最小化を図ることを目的とし、除雪強化とは、道路管理者間の相互支援により、集中的に除雪作業を行い早期開放することを目的とする。

区間の選定は、地域への影響や過去の通行止め履歴などを踏まえ、暴風雪・大雪時の立ち往生発生リスクが高い区間、孤立集落が発生する区間、重要拠点間ルート等の通行止めの影響が大きい区間の抽出を行った（表-1）。

表-1 予防的通行止め区間及び除雪強化区間一覧

CASE	道路事務所	早期通行止め区間	除雪強化区間	目的
1	有珠復旧	R276 美笛峠	R453 優徳地区	北湯沢地区の孤立防止
2	日高道路	R274 日勝峠	R274 樹海ロード	道東～道央ルート の確保
			R237 日高峠	道北方面へのルート の確保

(2) 早期通行止め判断基準の設定

除雪区間の距離、所要時間、気象条件、等を勘案し、通行止め判断基準を以下に設定した（表-2）。

表-2 通行止め判断基準

CASE	早期通行止め区間	通行止め判断基準
共通		・「記録的な大雪」又「数年に一度の猛吹雪」が予報 ・車両の走行が困難と考えられる場合 ・道路パトにより視程障害・吹だまりによる立ち往生車両の発生確度が高いと判断された場合

(3) 除雪支援体制（オペレーション計画）の検討

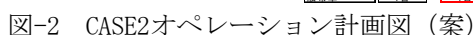
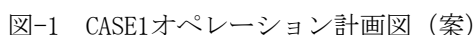
上記を踏まえ、ケースごとにオペレーションを行うにあたり対応計画を検討した（表-3）。

表-3 オペレーション対応計画

CASE	オペレーション対応計画
1	・R276（伊達川～R273）を早期通行止め ・R276除雪トラック1台をR453へ支援し除雪強化 ・早期通行止めしたR276は、ロータリー除雪車で対応
2	・R274 日勝峠（大滝橋ゲート～清水町石山ゲート）を早期通行止め ・R274 日勝峠除雪トラック1台、除雪ドーザ1台をR274 樹海ロードへ支援、加え除雪トラック1台をR237 日高峠へ支援し除雪強化 ・早期通行止めしたR274 日勝峠はロータリー除雪車で対応

*1 北海道開発局 室蘭開発建設部 道路整備保全課、*2 (株) ドーコン防災保全部

前述(1)～(3)を踏まえ作成したオペレーション計画図(案)を図-1、図-2に示す。



オペレーション計画を踏まえ、道路管理者や関係機関の暴風雪・大雪時に備えた段階的な行動項目を検討・整理し『大雪時タイムライン（案）』を作成した（図-3）。

st 1：気象庁より大雪・暴風雪に関する気象情報が発表（警報 3 日前→警報 2 日前→大雪・風雪注意報→大雪・暴風雪警報）▶除雪体制及び防災資機材を確認、道路パトロール及び除雪作業の実施

st 3：除雪強化した路線が除雪限界を超え、スタックによる立ち往生が発生 ▶ 災対法に基づく区間指定を行い、スタック車両の対応及び緊急車両の通行確保

[illegible]

	本局	室建	道路事務所	維持業者	関係機関
-72 h					
-24 h	情報伝達、実施体制、現地準備等				
-12 h	事前準備時間 (st1)				
-6 h					
-3 h	早期通行止め実施・除雪等強化実施 (st2)				
0 h	スタック発生				
1 h	災対法に基づく道路区間設定・通行止め実施 (st3)				
警報解除 天候回復	通行止解除 (st4)				

図-3 大雪時タイムライン案（イメージ図）

(1) ロールプレイング訓練

プレイヤーは本部・道路事務所・年間維持業者とし、それ以外はダミー機関とした。なお、プレイヤーは自席での参加した。進め方は、各自席による実施であることから、電話やメール等を基本に条件の付与等を行った(写真-2)。

また、本部・道路事務所・年間維持業者が訓練に円滑かつ効果的に取り組めるよう、訓練実施日の前に道路事務所にて参加者全員を対象とした事前説明会を実施した。

事前説明会では、プレイヤーやコントローラー等の各役割、訓練シナリオ等を再確認するとともに、質疑応答の時間を設け、訓練に対する理解を高めた。



写真-2 訓練時の様子

訓練により抽出された問題点と課題は以下であった。

- ①気象状況や現地状況が複雑に変化の中で、スタック発生場所や規模など重要な情報を正確に把握・判断するためには、本部、道路事務所、年間維持業者との情報伝達の精度向上が必要である。

▶【課題】継続的な情報伝達訓練の実施

- ②スタック発生時の限られた時間内での対応で、災対法に基づく区間指定（身分証明書、資機材、看板、車両移動通知書類等）や防災資機材（スタック救出資機材、食料、水、毛布）、レッカー会社（JAF、JHR）への要請・手続き等の作業や要請、手続き等の失念・遅延が想定された。

▶【課題】暴風雪・大雪の可能性が生じた時点からの事前準備の徹底。

また、訓練結果概要をに取りまとめた（図-4）。

(2) 車両移動訓練

災害対策基本法第76条の6に基づく、車両移動に係る手順の確認等を目的とした豪雪時における車両移動訓練を行った。訓練参加者は室蘭開発建設部、年間維持業者、消防署、警察署、日本自動車連盟（JAF）等、30機関、約90名であった

訓練は、豪雪災害を想定し、先頭の1台目（写真3-4②）が横転し道路を塞ぎ、それを避けようとして2台目（写真3-1①）がスピンし故障して動けない状態を設定した。1台目は運転者が不在、2台目は外国人運転手を想定した。

北海道開発局と関係機関が連携した内容を以下に示す。

訓練1：現地状況の確認と事務所への報告、車両移動前の車両の記録

- ▶事務所職員が緊急車両の妨げとなる現地状況を確認・記録、事務所へ報告（写真3-1）。

訓練2：放置車両等の移動訓練

- ▶運転者は外国人のため、外国人対応ツールを用い確認対応（写真3-2）。車両故障のため災害協定事業者（JAF）により車両を移動（写真3-3）。
- ▶除雪ドーザによる横転車両の立て直し（写真3-4）を行い、車両のドアミラーに「車両移動記録票」（写真3-5）を掲示。その後、道路脇に移動。

訓練3：啓開完了後の対応

- ▶事務所への報告、警察への引継ぎ。
- ▶警察の緊急車両等標章交付所設置、検問の実施。
- ▶消防緊急車両は規制除外車両のため検問通過。パトロール車両は交付申請後（写真3-6）検問通過。

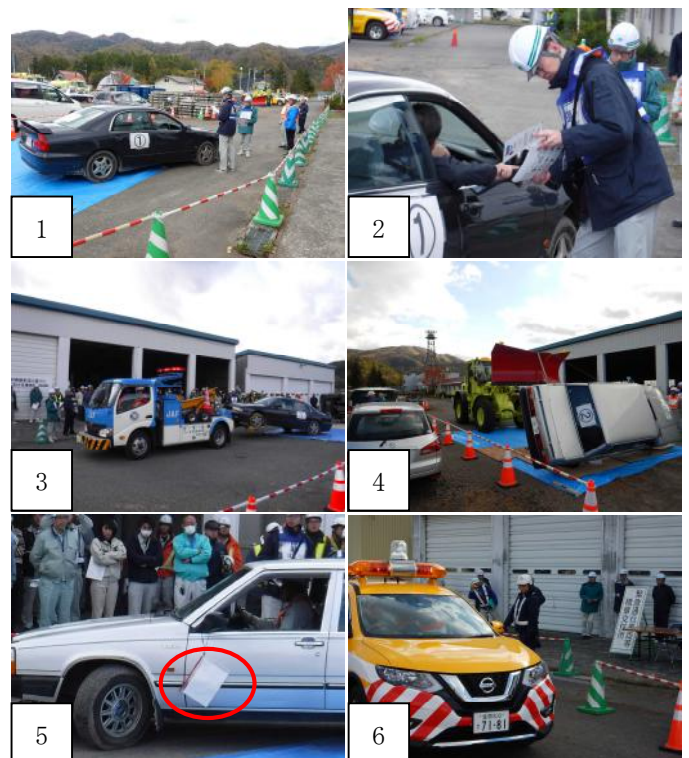


写真-3 車両移動訓練

冬期交通確保に関する合同図上訓練概要	
国土交通省 「世界の北海道」を目指して ～北海道合同図上訓練～	
1. 開催概要	3. 訓練結果
■開催日時：平成30年12月18日（火）13時～17時 ■開催場所：各機関（道路整備課、有休日事務所、各機関ST） ■参加者：室蘭開発建設部、年間維持業者、消防署、警察署、日本自動車連盟（JAF）、JHR ■開催趣旨：室蘭開発建設部、年間維持業者、消防署、警察署、日本自動車連盟（JAF）、JHR	■実施概要： プレイヤーはプレイヤーから与えられる災害情報や道路状況、警報情報、各機関の役割に基づき、現場対応を想定し、事故防止と交通確保を目的とした訓練を実施した。 ■本訓練で見た課題と対応策： ・気象状況や道路状況が複雑に変化の中で、スタック発生場所や規模など重要な情報を正確に把握・判断するためには、本部、道路事務所、年間維持業者との情報伝達の精度向上が必要である。 ・スタック発生時の限られた時間内での対応で、作業の遅延、手続き等の失念・遅延が生じたため、事前準備が重要である。 ・災対法に基づく区間指定（身分証明書、資機材、看板、車両移動通知書類等）や防災資機材（スタック救出資機材、食料、水、毛布）、レッカー会社（JAF、JHR）への要請・手続き等の作業や要請、手続き等の失念・遅延が想定された。
2. 訓練内容	■訓練の様子：
■目的： 今年度実施した大雪時タイムライン（TL）及びオペレーション計画のシナリオに沿って、暴風雪・大雪を想定した図上訓練を実施し、暴風雪・大雪時の対応項目及び関係機関との連携、協力体制等の確認、検証を行うとともに、今後の暴風雪・大雪時の迅速な対応に向けた防災技術の向上と防災意識の高揚を図ることを目的とする。 ■訓練方式： プレイヤーとコントローラーに分かれたロールプレイング方式の図上訓練を実施。なお、関係機関については、ゲーム機としてコントローラーによる状況対応を行う。（関係機関のタイムライン上の行動については事前に、関係機関と調整・確認し、訓練に反映） ■訓練（TL）シナリオの概要： 下記①～④のシナリオを踏まえ、暴風雪・大雪警報発令の3日前から事故発生までの対応とする。 ①道路状況や気象、道路状況による暴風雪警報が局地的に発生し、R276を早期通行止めとし、R453を早期通行止めとする。 ②R453が通行止めとなり、スタックによる立ち往生が発生。 ③災対法に基づく区間指定を行い、スタック車両の対応が関係機関の通行確保を妨げ、関係機関の通行確保の遅延が生じた。 ■訓練の主な留意事項（対応項目）： ①急激な道路状況の変化 ②災対法に基づく区間指定 ③R276の早期通行止め ④関係機関との連携・協力、情報共有 ⑤R453の通行止め ⑥通行止め解除後の交通確保 ⑦関係機関の通行確保 ⑧スタック車両への対応 ⑨通行止め解除後の交通確保 ⑩関係機関の通行確保 など	①プレイヤー ②コントローラー ③関係機関① ④関係機関②

図-4 訓練結果概要

3-4 外国人対応ツール

異常な暴風雪・大雪時に外国人ドライバーが立ち往生に巻き込まれた際に、通行止めの事情説明や迂回誘導、安否確認等の円滑なコミュニケーションを図るためのツールとして、日本語と英語・韓国語・中国語（簡体・繁体）の4言語を翻訳した「外国人対応ツール」と「多言語チラシ」を作成した。

作成方針は異常な暴風雪・大雪時に外国人対応が想定される事象時とし、伝えたい内容は極力視覚的に把握できるようにイラストを活用した。想定される事象は以下とした。

- ▶通行止めを行っている時
- ▶立ち往生している時
- ▶安否確認時に困ってるもののリストを見せる時

対応ツールは、各対応場面に応じて、カードを見せ、通行止めや迂回誘導等を行う『シーン別対応カード』（図-6）と立ち往生発生時の安否確認を行う際に外国人ドライバー及び同乗者に困っているもののリストを見せ、指さしでコミュニケーションを行う『指さしコミュニケーションツール』（図-7）の2ケースを作成した。

翻訳については93パターンを作成し、単語については48個の翻訳を行った。

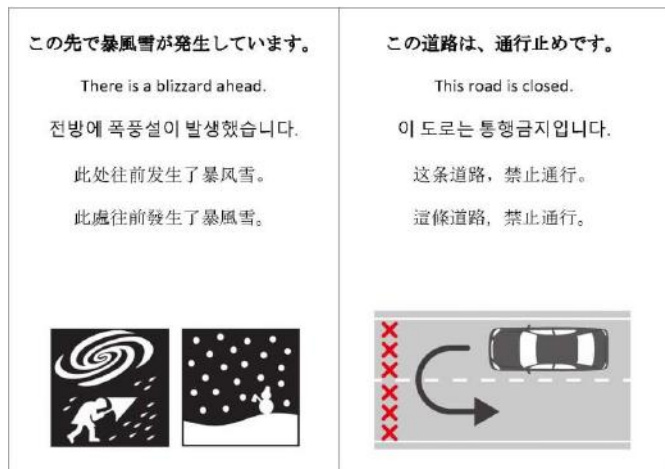


図-6 シーン別対応カード

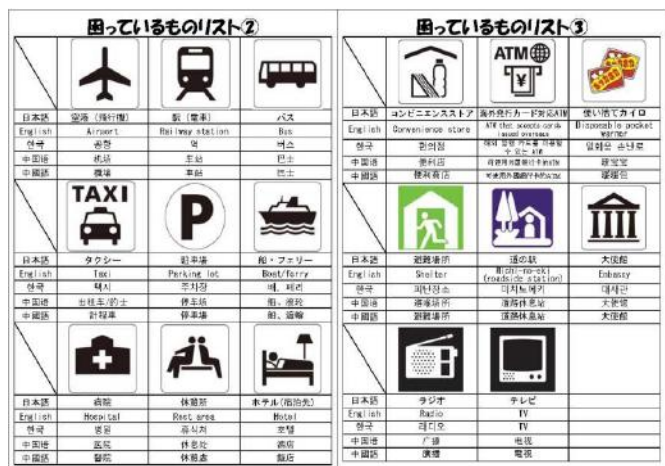


図-7 指さしコミュニケーションツール

また、外国人ドライバーへ大雪や吹雪の際の注意点やスタックしたときの対応、災害時支援アプリ、防災情報サイトを示した『多言語チラシ』も作成した（図-8）。

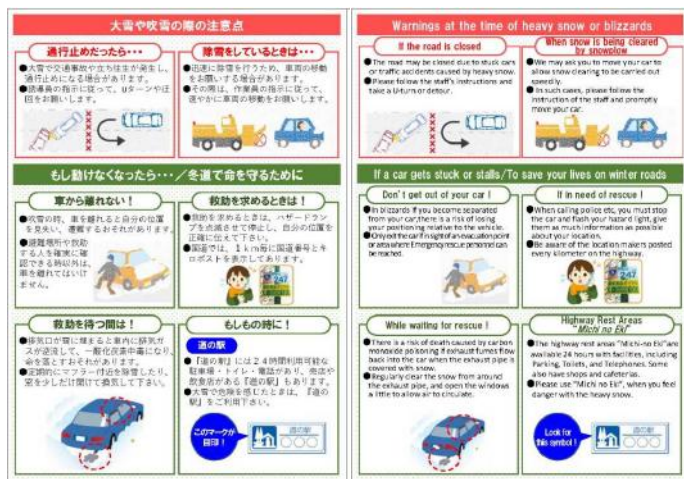


図-8 多言語チラシ（左上：日本語、右上：英語、左下：韓国語、右下：中国語）



図-9 外国人対応ツール説明状況（左）、大きさ（右）

4. おわりに

今後、オペレーション計画やタイムライン、外国人対応ツールの活用に向けて関係機関と協議し、円滑な行動ができる様に、関係機関と合同訓練等を計画していきたいと考える。また、これからも立ち往生の予防と早期解消に向けて、新たな対策案の抽出や継続対策の更新等を検討し、より良い道路管理に努めたいと考える。

近年の降雪による速度低下や交通障害発生に関する一考察

佐藤 吉一*1 飯田 雅之*2 伊藤 潤*2

1. はじめに

これまで、降雪による冬期道路への影響は主に積雪地域を中心に発生するものとして捉えられ、冬期の道路管理を実施してきた。日本での近年の冬の気象状況は、累計降雪量は減少傾向、年平均気温も上昇傾向など暖冬少雪傾向となっている中で、冬期間の降雪による速度低下が地域毎にどのような影響を与えているのかを把握することは、今後の冬期道路管理にとって重要である。

また、暖冬少雪傾向の中でも冬期交通障害は毎年のように発生している。短期間に集中的な降雪が発生する傾向が強まる中で、積雪地域ばかりではなく、特に除雪体制が手薄な少雪地域を中心に、集中降雪の影響を受けた交通障害が頻発している。近年では平成 28 年 1 月に新潟県、平成 29 年 1 月～2 月に山陰地方、平成 30 年 2 月に福井県で長時間にわたる交通障害が発生し、社会生活に大きな影響をもたらした。

本論文では、降雪が冬期間の速度低下に与える影響を地域毎に分析した事例、及び集中降雪による交通障害の発生状況とそれに至る要因等について考察を行った事例について報告する。

2. 降雪が冬期間の速度低下に与える影響の分析

2.1 冬期間の平均速度による評価

(1) 評価の考え方

冬期間の旅行速度低下は、降雪量や気温などの気象条件、車線数、道路幅員、路肩幅員、沿道状況などの道路条件、積雪地や非積雪地域などの地域特性など様々な要因によって、その影響が異なる。

降雪による影響評価にあたっては、上記のような気象、道路条件、地域特性などの影響の他に、特定期間で評価するか、また、降雪があったときのみで評価するか、その集計手法によっても大きな影響が生じてくる。

ここでは、冬期間といった特定の期間で集計した場合に、降雪が冬期交通状況へどのような影響を与えているのかを分析した結果を考察する。

(2) 平均旅行速度による評価

積雪寒冷地域、積雪地域では冬期になると 2.2～5.6%旅行速度が低下、特に積雪寒冷地域の低下が大きい。一方、寒冷地域及びその他地域は 1.3～3.5%旅行速度が増加している。

北海道や東北、本州日本海側など積雪寒冷地域や積雪地域で旅行速度が低下する地点が多い。

平均旅行速度による評価（朝ピーク時）

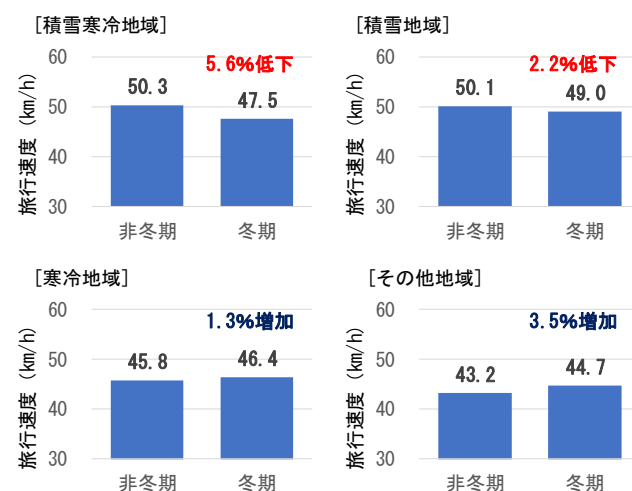


図 1. 平均旅行速度による評価（地域別）

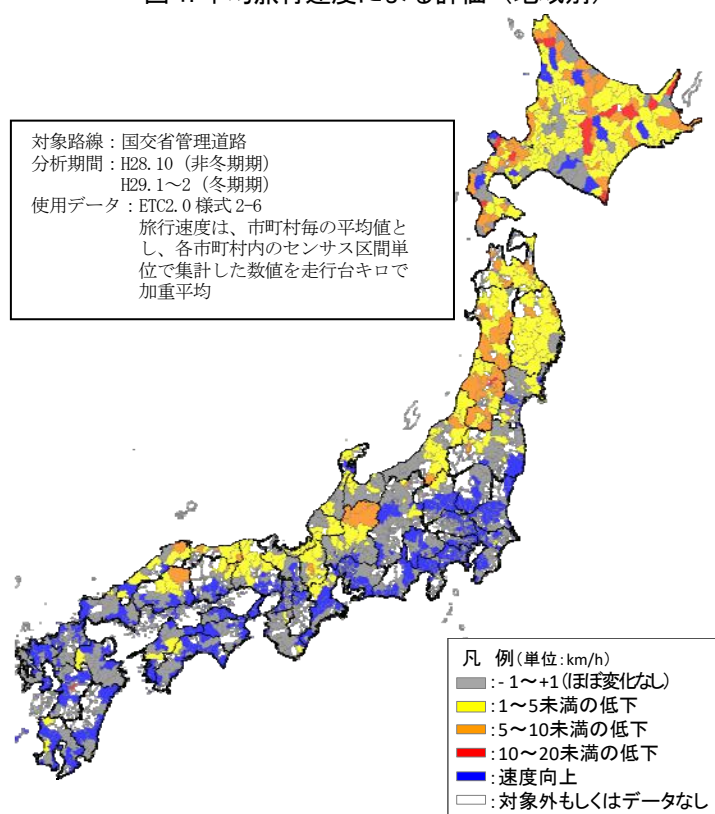


図2. 平均旅行速度による評価

(3) 遅れ時間による評価

積雪寒冷地域と積雪地域では冬期になると遅れ時間が18%～39%増加する。また、寒冷地域及びその他地域は遅れ時間が15%～22%低下する。北海道や東北、本州日本海側など積雪寒冷地域や積雪地域でバラツキが増加する地点が多い。

*1 開発技建株式会社 常務取締役

*2 開発技建株式会社 調査計画部

遅れ時間による評価（朝ピーク時）

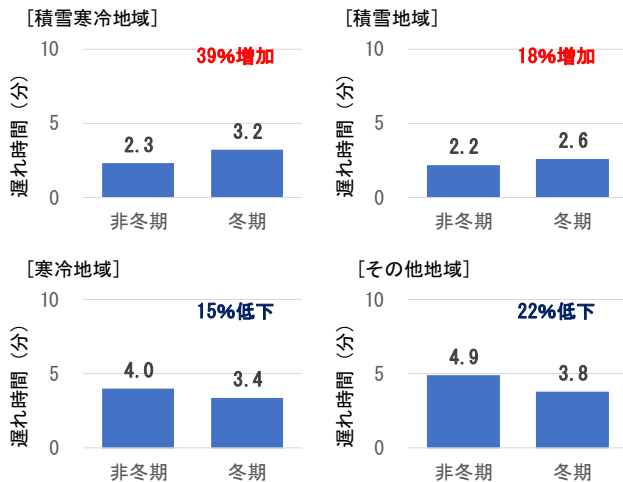


図 3. 遅れ時間による評価（地域別）

対象路線：国交省管理道路
 分析期間：H28.10（非冬期）
 H29.1～2（冬期）
 使用データ：ETC2.0 様式 2-6、
 H27 道路交通センサス
 冬期、非冬期の渋滞損失時間を算定し、その差を遅れ時間として評価した。

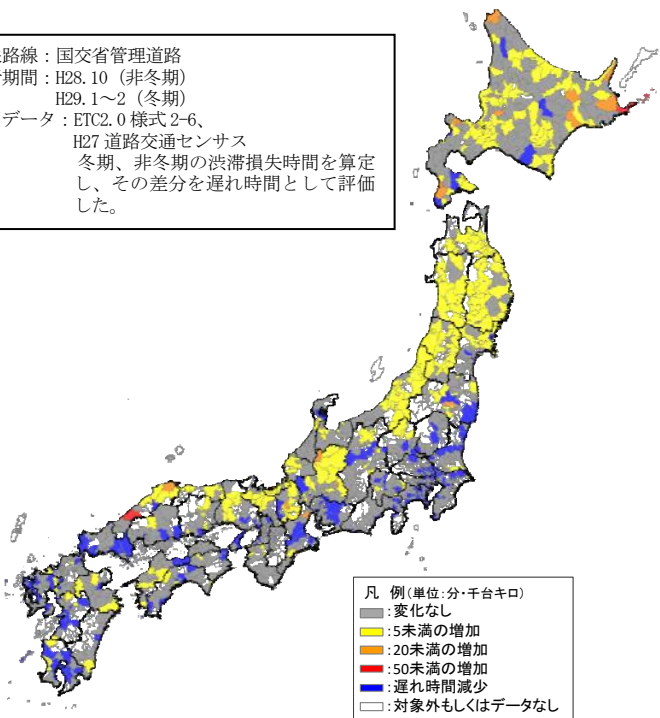


図 4. 遅れ時間による評価

2.2 降雪状況と旅行速度の関係分析

(1) 分析の考え方

速度の算定は、除雪による影響を考慮するため時間帯別旅行速度の前後 2 時間平均速度をETC2.0データより算出した。その結果と最寄りの気象観測所の降雪データを整理し、降雪強度別に速度の発現状況を整理して、降雪による速度低下状況を分析した。

(2) 降雪強度別の速度低下状況の分析

降雪強度別の速度低下率^{※1}を分析すると、降雪量 5cm/h 程度で 9%程度、降雪 8cm/h で 15%速度が低下する。（図 6 参照）

(3) 積雪・寒冷地域別の速度低下状況の分析

降雪 5cm/h を基準としてみると、積雪寒冷地域では 10%程度の速度低下であるのに対し、積雪地域・寒冷地域では 20%程度の速度低下となる。

そのほかの地域では、50%程度の速度低下となっている。（図 6 参照）

積雪寒冷地域の速度低下が最も小さいのは、除雪体制が整っていることの裏返しと考えられる。

積雪地域や普段降雪が少ない寒冷地域、その他地域では積雪寒冷地に比べてその影響が大きい。

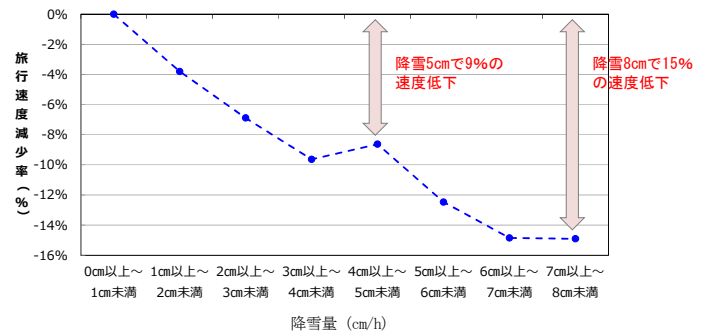


図 5. 降雪強度別の速度低下状況

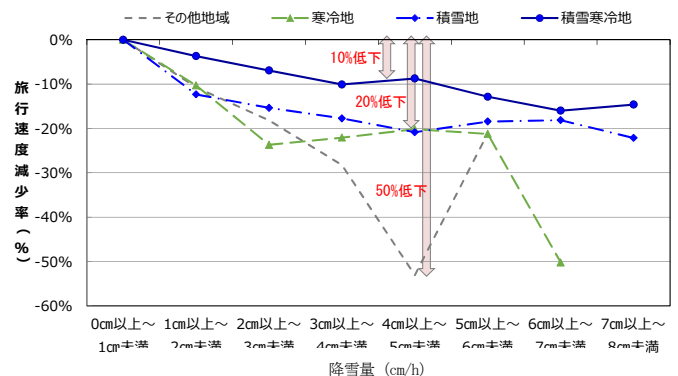


図 6. 積雪・寒冷地域別の速度低下状況

2.3 冬期間の降雪が速度低下に与える影響の考察

積雪寒冷地域では、他の地域に比べると降雪による速度低下の影響が小さい傾向にあり、これは除雪体制が整っていることの裏付けでもある。しかし、これらの区間では山間部を始め多くの区間で除雪優先区間が設定されており、最も交通障害や登坂不能車発生の危険性がある区間であると考えられる。

降雪の少ない地域（寒冷地域やその他地域）では、冬期に比べて非冬期の速度が向上する傾向にある。これは、冬期間に交通量が減少する傾向（図 7. 参照）があり、その影響によるものと考えられる。これらの地域では、除雪機械（除雪トラック、グレーダ）を保有していない箇

所が多く、一度降雪があると、その影響は積雪寒冷地域等に比べて大きくなるものと考えられる。

降雪による速度低下は、降雪状況や地域によって異なるため、冬期間の道路交通確保はこれらの状況を踏まえながら、路線の重要性や社会経済に与える影響などを考慮して、優先的に交通を確保すべき路線の抽出等による管理体制をとることが必要ではないかと考えられる。

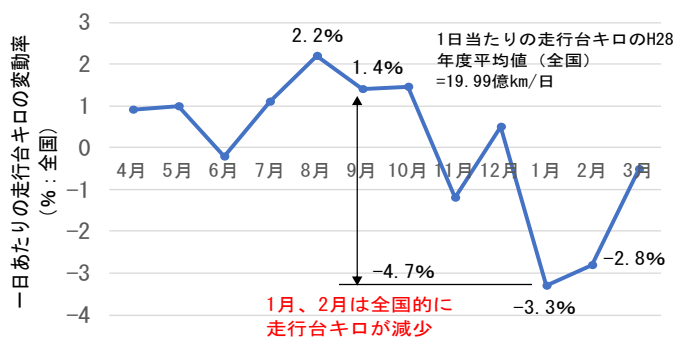


図 7. 月別の走行台キロ

データ出典：「平成 28 年度自動車燃料消費量調査」

3. 集中降雪による交通障害の発生状況とその要因分析

3.1 登坂不能車の発生状況

H27～H29 の登坂不能車発生状況データをもとに、北陸地方及びその周辺地域における登坂不能車発生状況を地域別に分析した結果を図 8. に示す。

山地・山沿いでの発生率は全体の 52%で、平地とほぼ同数の発生状況である。

これは、2016 年 1 月に国道 8 号等中越地域で起こった異常降雪による大きな交通障害の影響が大きいが、当該地域以外でも平地での発生件数は多くなっており、急勾配が連続する山地・山沿いのみが危険地域とはなっていないことに注意が必要であることを示している。

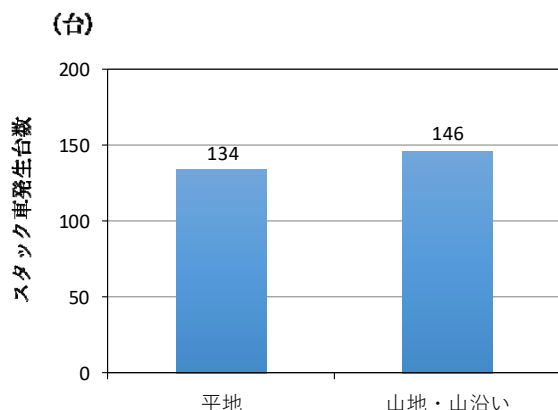


図 8. スタック車の発生傾向（山地・山沿い、平地の別）【北陸とその周辺の積雪寒冷地域】

図 9. に登坂不能車発生と注意報・警報の相関を分析した結果を示す。大雪注意報・大雪警報との整合性が高く、

大雪注意報・大雪警報は地域性を反映した設定となっていることがわかる。

【登坂不能車発生と気象条件の相関】

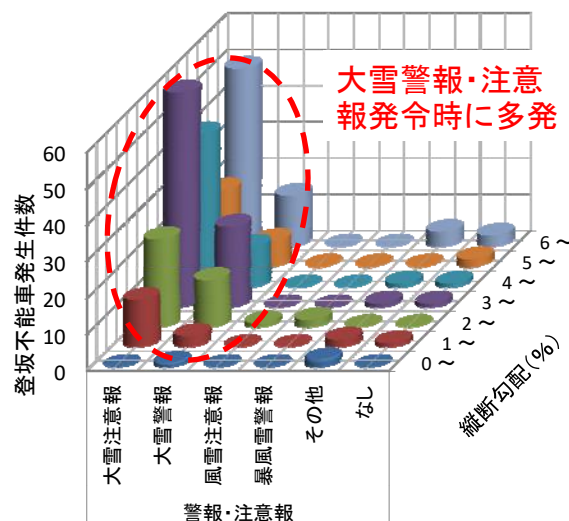


図 9. 登坂不能車発生と道路構造・気象状況の相関

3.2 集中降雪による交通障害の地域別特徴と課題

H26. 2. 14～16 の関東地方大雪、H28. 1. 24～25 の新潟県中越地域、及び H30. 2 の福井県で発生した冬期交通障害の事例と課題を分析して、以下に整理する。

(1) 関東地方の事例（H26. 2. 14～16）

平成 26 年 14 日早朝から関東各地で雪が降り続き、特に山梨県での最深積雪は、甲府市で 114cm に達し、統計開始以来の極値を更新する記録的な大雪となった。中央道の通行止めに伴い、並行する国道 20 号に交通が集中し、立ち往生を起因とした最大約 400 台の車両の滞留が発生し、解消まで約 5 日間を要した。

ドライバー不在の放置車両対策の強化が課題となり、平成 26 年 11 月に災害対策基本法が改正された。

(2) 国道 8 号新潟県中越地域の事例（H28. 1. 24～25）

平成 28 年 1 月 24 日に北陸地方は強い冬型の気圧配置となった。国道 8 号において、観測史上最大となる 24 時間降雪量 75cm を記録する等、記録的な大雪となった。

これにより、北陸自動車道が最大で約 38 時間の通行止め（柏崎 IC～長岡 JCT 間（上下））となり、並行する国道 8 号では見附大橋付近を先頭に上下線で大規模な車両滞留が発生し、解消まで約 2 日を要した。

道路管理者間での除雪の相互支援やドライバーへの支援といった課題が見られた。

(3) 国道 8 号福井県の事例 (H30. 2. 4～7)

平成 30 年 2 月 4 日から 2 月 7 日にかけて、強い冬型の気圧配置が続き、上空 5,000m 付近でマイナス 30 度以下の強い寒気に広く覆われた。

北日本から西日本にかけての日本海側を中心に断続的に雪が降り、福井県福井市では昭和 56 年の豪雪以来 37 年ぶりに積雪が 140cm を超える等、大雪となった。北陸道の通行止めに伴い、並行する国道 8 号に車両が流れ込み、チェーン未装着の大型車等の立ち往生を起因とした最大延長約 46km、最大約 1,500 台もの大規模な車両滞留が発生した。また、通行止め後、12 時間で約 40cm の降雪となったことによる車両間の堆雪により、除雪作業は困難をきわめ、滞留車両の排除に 65 時間を要した。

通行止めの遅れや、強い降雪のため滞留車両の前後左右に積雪し除雪車が対応できない、広域的な迂回情報が十分なされていないといった課題が見られた。

(4) 冬期交通障害発生時の課題

(1)～(3)の結果をもとに、冬期交通障害発生時の課題を整理した結果を以下に整理する。

【冬期交通障害発生時の課題】

- A. 高速道路の早期解放
- B. 関係機関との情報連携の不備
- C. スタック車処理（除雪車が対応し除雪に支障）
- D. 道路利用者への適切な情報提供
- E. 集中除雪の判断の遅れ
- F. 高速道路通行止めによる冬用タイヤ非装着車流入
- G. 除雪機械台数の不足とオペレータの経験不足
- H. 降雪時の危険ポイント等の把握が不十分
- I. 2 車線区間やアクセスコントロールされた区間でのスタック車発生による滞留
- J. 信号交差点が連続する区間では、滞留による二次的な交通障害が発生（緩勾配でもスタック）
- K. 迂回路や回転場がない箇所での滞留の影響
- L. 流入車両が避けられない市街地の除雪体制・方法
- M. スタック車の処理方法の理解が不十分
- N. 異常降雪時の除雪方法の工夫、相互支援、危険ポイントの確認対応

3.3 大規模な交通障害が発生する要因に関する考察

3.2 で整理した冬期交通障害発生時の課題より、特に大規模な交通障害が発生しやすい道路構造等について以下に考察する。（主に I～K への対応）

スタック車が発生し易くても、その障害の回避や早期対処が可能な条件下なら大きな交通障害への発展の可能性は低い。一方、その障害が他車に大きく影響する場合

や早期対処が困難となり易い条件下では発展の可能性が高くなる。

既往の交通障害事例から下記に示すような区間では大きな交通障害が発生がし易くなるものと考えられる。

- a) 上下線の閉塞を招きやすい 2 車線区間やアクセスコントロールされた区間は、大きな交通障害に発展するリスクが高い。
- b) スタック危険ポイントが点在し、これにより上下線の交通障害が発生する区間では、その後の除雪等への影響が大きく、大きな交通障害に発展するリスクが高い。更に、当該区間内に信号交差点が点在与その影響で、信号交差点部などで 2 次的な交通障害が発生する可能性が高く、大きな交通障害に発展するリスクが極めて高い。
- c) 滞留車両の影響による除雪への障害と、それを要因とする滞留車両の連鎖的なスタックは、大きな交通障害に発展するリスクが極めて高い。これに対処するためには、滞留車両の回転場や迂回路の確保が重要となる。特に、迂回路への誘導への観点を含め、回転場の確保は重要となる。

3.4 大規模な交通障害の抑制について

3.2 及び 3.3 で整理した課題や大規模な交通障害への発生の抑制には、対応すべき内容を確実に実施するための事前準備、準備するために必要な情報の収集と道路利用者への情報発信、効果的な除雪の実施等が特に重要な事項であると考えられる。

これらをマニュアル（タイムライン、行動基準、情報提供、危険ポイント、除雪運用、交通規制等を記載）として整理することで、関係者の意思疎通・共通認識をもって除雪体制を構築することが重要である。

4. おわりに

冬期間の速度低下や大雪交通障害は、時として物流の停滞など社会経済状況にも大きな影響を与える場合がある。冬期の交通障害等の被害軽減には道路利用者の協力（不要不急の外出抑制など）が今後の大きなテーマと考えており、今後も冬期道路管理に貢献できるように研鑽を行う所存である。

なお、本検討は、国土交通省北陸地方整備局道路部の委託業務として検討した結果をまとめたものである。検討にあたり北陸地方整備局道路部の担当者の皆様に、有益かつ適切なご助言並びにご指導を頂きました。この場をお借りして感謝の意を表します。

大雪発生頻度の簡易推定手法

松下 拓樹*1、 高橋 渉*1、 高橋 丞二*1

1. はじめに

大雪などの災害に関わる現象の規模や発生頻度を把握することは、防災や減災の対策を計画するにあたり重要である。現象の発生頻度は、一般的には確率分布を用いた手法により推定される場合が多く、例えば年最大値を用いた極値統計解析により、その再現期待値が求められる。しかし、極値統計解析を行うためには、データのプロット方法の検討や各種パラメータの設定、確率分布への適合性評価等が必要となる。また、極値データのみを選んで解析することは、極値以外のデータが持つ情報の損失を意味する。

一方、主に水文学の分野では、ある閾値を超過するすべてのデータを活用する手法(POT解析: Peaks over threshold analysis)により、現象の頻度解析を行うことがある。また、ある閾値以上の自然現象の規模と発生数は、指数分布やべき乗の関係で近似できることが古くから知られており、例えば地震や降雨事例、地すべり、雪崩などに対して適用できることが知られている。

ある閾値以上の現象の規模と発生数が、指数やべき乗の関係で近似できるのであれば、これを活用することで現象の発生頻度を簡便に把握できる可能性がある。著者らは、この手法を応用して、降雪深の発生頻度を簡易に評価する手法を提案した^{1),2)}。本論文では、この手法が全国の積雪地域に対して適用可能かを検討した結果について報告する。

2. 方法

2.1 降雪事例の抽出方法

降雪の発生頻度解析は、北海道から島根県にかけた日本の積雪地域における270の気象庁観測地点(図1)を対象とした。これらの地点には、積雪深の1時間間隔の観測データがあり、このデータから降雪事例を抽出した^{1),2)}。

降雪事例の抽出例を図2に示す。降雪事例の抽出は、まず降雪開始後の1時間間隔の積雪深差の正値を累積して、これを降雪深 S (cm)とした。ここで、降雪の中断(積雪深差 ≤ 0 cm)が5時間未満であれば一つの降雪事例とした。以下では、特にことわらない限り降雪深 S は“ひと降り”の降雪深とする。本論文では、大雪として降雪深 S が30cm以上となる降雪事例を対象とし、図2に示す例では、2つの降雪事例のうち最初の事例①のみを解析の対象とした。

積雪深データに欠測がある場合は、連続する欠測期間が6時間までであれば、積雪深の増加分を1時間間隔の降水量

データで按分することで欠測値を補間した。積雪深の欠測期間の降水量が0mmの場合は、線形で補間した。ただし、抽出した降雪事例のうち、積雪深の補間データが50%以上含まれる事例は解析から除外した。

降雪事例の抽出を行った期間は、11月から翌年4月までを一冬季として、観測地点により異なるが16冬季(年)~35冬季(年)である。ただし、12月から2月の期間に240時間以上の連続した欠測がある冬季(年)は、発生頻度解析から除外した。また、観測地点の移転等により積雪深の統計切断がある場合(8地点)は、統計切断の前後で年数の多い期間を解析の対象とした。

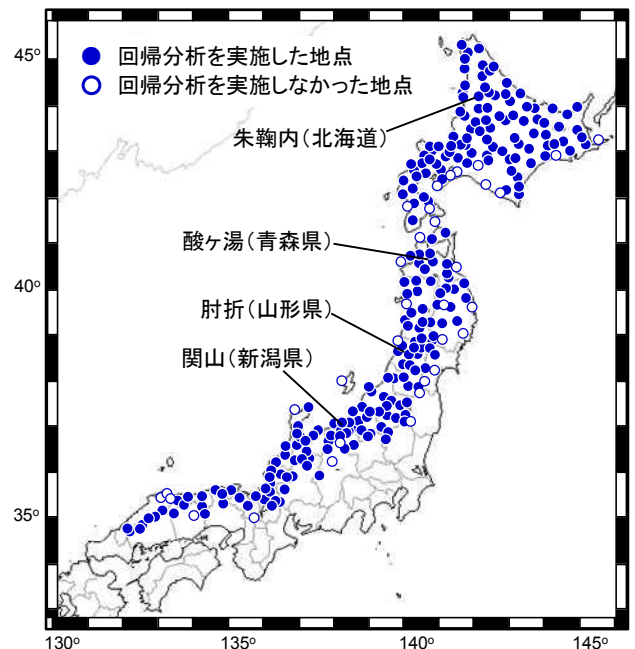


図1 解析を行った気象庁観測地点の分布

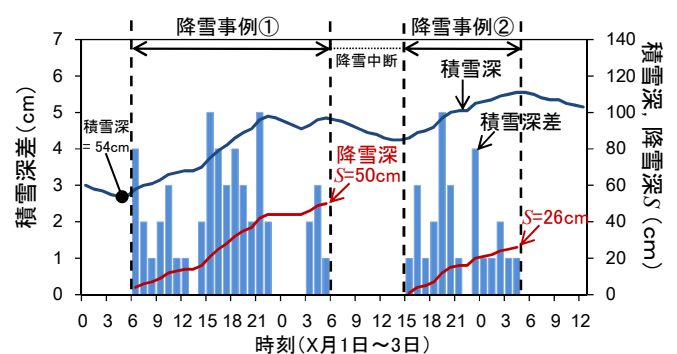


図2 降雪事例の抽出と降雪深 S の算出の例

*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 雪氷チーム

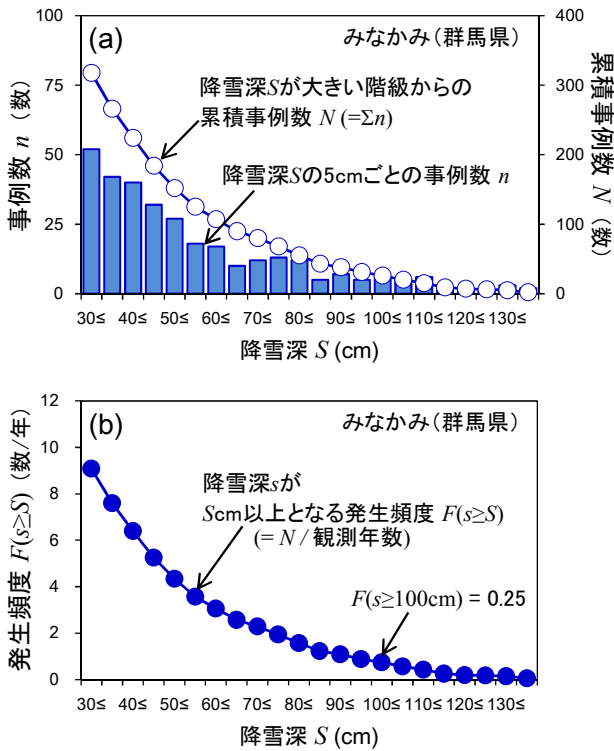


図3 (a)降雪深 S の5cmごとの事例数 n と累積事例数 N 、(b)降雪深 s が S cm以上となる発生頻度 $F(s \geq S)$ の算出例。

2.2 発生頻度解析の方法

各観測地点における降雪事例について、まず降雪深 S の5cmごとの事例数 n を求め(図3aの棒グラフ)、降雪深 S の大きい階級から事例数 n を累積した値 N (図3aの線グラフ)を求めた。この累積値 N を観測年数で除した値を、ここでは発生頻度 $F(s \geq S)$ (数/年)とする(図3b)^{1), 2)}。この発生頻度 $F(s \geq S)$ の意味は、任意の降雪深 s が S cm以上となる事例の1年あたりの発生回数である。発生頻度 F の逆数($1/F$)は、平均的な発生間隔(年)となる。図3bに示す群馬県のみなかみの例では、降雪深 s が100cm以上となる発生頻度 $F(s \geq 100\text{cm})$ は0.25であり、4年に1回の発生頻度となる。

次に、降雪事例の発生頻度を推定する式を得るため、発生頻度の常用対数 $\log F(s \geq S)$ と降雪深 S の関係に対して回帰分析を行った。ただし、降雪事例数が10未満または降雪深 S の5cmごとの階級数が3以下となった地点は、回帰式を得るための十分なデータがないと判断して解析から除外し、残る237の観測地点(図1の●)を対象に、降雪事例の発生頻度の推定式を得るための回帰分析を行った。

3. 結果

図4に、発生頻度解析結果の例として朱鞠内(北海道)、酸ヶ湯(青森県)、肘折(山形県)、関山(新潟県)における降雪深 S と発生頻度 $F(s \geq S)$ の関係を示す。縦軸の発生頻度は対数スケールで示し、図中の実線は回帰直線、 r^2 は決定係数(相関係数 r の二乗)である。降雪事例の発生頻度を推

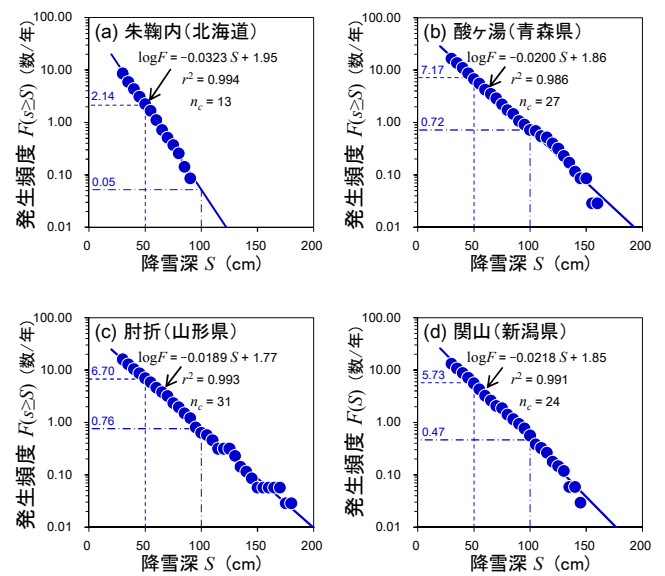


図4 降雪深 S と発生頻度 $F(s \geq S)$ の関係。(a)朱鞠内、(b)酸ヶ湯、(c)肘折、(d)関山の例。実線は回帰直線、 r^2 は決定係数、 n_c は降雪深 S の5cmごとの階級数。

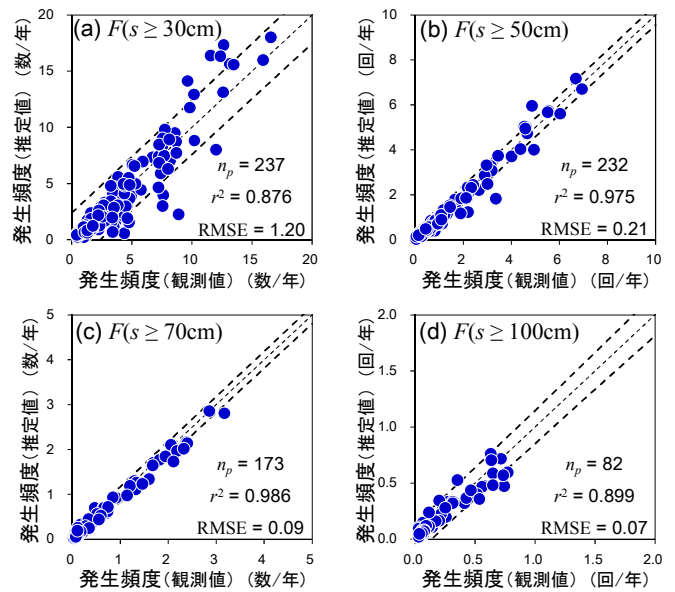


図5 発生頻度 $F(s \geq S)$ の観測値と回帰式による推定値の比較。降雪深 s が(a)30cm以上、(b)50cm以上、(c)70cm以上、(d)100cm以上の例。 n_p は地点数、RMSEは二乗平均平方根誤差、太破線は推定値の95%信頼区間。

定する回帰式は、式(1)に示すように発生頻度の対数 $\log F(s \geq S)$ の形で示す。

$$\log F(s \geq S) = a \times S + b \quad (1)$$

ここで、 a と b は係数である。図4より、各地点ともに、降雪深 S と発生頻度の対数 $\log F(s \geq S)$ の間に、統計的に有意な直線関係(いずれも有意水準1%)があり、図中に示す回帰式は観測値との対応が非常によい。

図5は、各地点の回帰式から求めた発生頻度の推定値と観測値を比較した結果である。降雪深 s が30cm以上とな

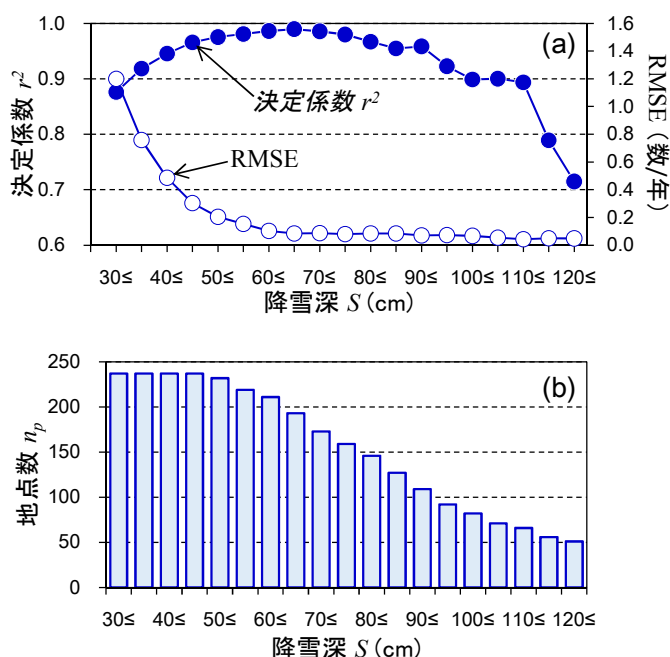


図6 降雪深 S ごとの(a)発生頻度の推定値と観測値の決定係数 r^2 およびRMSE、(b)観測地点数。

る発生頻度 $F(s \geq 30\text{cm})$ (図5 a)は、地点により観測値と推定値に差が生じる場合があるが、概ね等値線上に分布しており、降雪深 s が50cm以上、70cm以上、100cm以上となる発生頻度(図5 b~d)はさらに両者の対応がよい。

図6 aに、発生頻度の推定値と観測値の決定係数 r^2 と二乗平均平方根誤差RMSEを降雪深 S ごとに示す。降雪深 S が大きくなるほど発生頻度の観測値が得られる地点数は少なくなるが(図6 b)、回帰式による発生頻度の推定値と観測値の決定係数 r^2 (図6 a)は全体的に高く、いずれも統計的に有意な水準にある。ただし、降雪深 S が110cmを越えると r^2 は0.9を下回る。二乗平均平方根誤差RMSEは、降雪深 S が30cmの場合で1.2とやや大きい、降雪深 S が大きくなると0.1以下となる。これらの傾向から、特に降雪深 S が40cmから100cmの範囲で $r^2 \geq 0.9$ 、 $\text{RMSE} \leq 0.5$ となり、高い精度で発生頻度 $F(s \geq S)$ を推定できるといえる。

以上より、本手法により、確率分布を用いなくても簡便に大雪事例の発生頻度の推定式を得ることができるといえる。表1に、今回解析を行った237地点における発生

表1 各観測地点における発生頻度 $F(s \geq S)$ を推定するための回帰式の係数 a と b および決定係数 r^2 の一覧

府県 振興局	観測所名	観測 年数	事例 数	階級 数	r^2	係数 a	係数 b
宗谷	浜鬼志別	34	64	7	0.987	-0.0514	1.799
宗谷	稚内	20	20	11	0.889	-0.0268	0.588
宗谷	沼川	35	68	12	0.834	-0.0355	1.046
宗谷	豊富	35	49	8	0.974	-0.0504	1.713
宗谷	中頓別	35	129	22	0.935	-0.0187	0.788
宗谷	北見枝幸	23	29	8	0.985	-0.0441	1.382
宗谷	歌登	34	143	16	0.960	-0.0284	1.379
上川	美深	34	111	10	0.983	-0.0420	1.813
上川	音威子府	34	259	24	0.891	-0.0233	1.296
上川	名寄	35	96	11	0.955	-0.0460	1.855
上川	和寒	35	92	11	0.960	-0.0390	1.663
上川	上川	34	76	16	0.866	-0.0249	0.712
上川	下川	35	115	13	0.973	-0.0308	1.431
上川	旭川	20	29	5	0.989	-0.0554	1.817
上川	層雲峡	34	119	19	0.836	-0.0227	0.740
上川	美瑛	34	42	9	0.965	-0.0441	1.364
上川	富良野	35	25	7	0.939	-0.0489	1.367
上川	幾寅	35	28	10	0.966	-0.0363	1.020
上川	占冠	35	69	12	0.930	-0.0306	0.982
上川	朱鞠内	35	300	13	0.994	-0.0323	1.946
上川	幌加内	35	311	38	0.854	-0.0132	0.750
留萌	天塩	34	64	12	0.970	-0.0303	1.072
留萌	初山別	35	49	9	0.910	-0.0393	1.238
留萌	羽幌	26	26	13	0.746	-0.0211	0.182
留萌	古丹別	35	41	12	0.634	-0.0252	0.232
留萌	留萌	20	28	9	0.968	-0.0329	1.068
留萌	幌糠	33	222	13	0.993	-0.0375	1.991
石狩	厚田	35	91	15	0.959	-0.0308	1.240
石狩	石狩	31	43	7	0.984	-0.0419	1.395
石狩	新篠津	33	103	9	0.991	-0.0382	1.564
石狩	札幌	20	27	7	0.972	-0.0530	1.798
石狩	小金湯	34	128	12	0.974	-0.0350	1.621
石狩	恵庭島松	35	47	10	0.970	-0.0370	1.183
空知	深川	35	148	14	0.953	-0.0337	1.673
空知	芦別	35	52	8	0.980	-0.0527	1.755
空知	美唄	35	92	8	0.998	-0.0490	1.918
空知	岩見沢	20	58	12	0.912	-0.0369	1.470
空知	夕張	35	156	13	0.983	-0.0295	1.469
空知	滝川	35	116	17	0.915	-0.0266	1.011
後志	赤井川	30	137	17	0.967	-0.0265	1.269
後志	小樽	26	41	9	0.914	-0.0463	1.541
後志	余市	35	127	13	0.987	-0.0375	1.659
後志	共和	33	82	11	0.979	-0.0423	1.668
後志	蘭越	35	67	9	0.987	-0.0480	1.705
後志	倶知安	20	101	9	0.959	-0.0522	2.389
後志	寿都	19	12	5	0.932	-0.0511	1.242
後志	喜茂別	35	139	14	0.982	-0.0351	1.574
後志	黒松内	35	134	14	0.952	-0.0283	1.227
オホーツク	西興部	33	65	15	0.966	-0.0188	0.711
オホーツク	雄武	26	22	5	0.928	-0.0385	1.037
オホーツク	紋別	20	23	12	0.939	-0.0262	0.705
オホーツク	滝上	34	85	20	0.980	-0.0197	0.916
オホーツク	遠軽	34	85	16	0.991	-0.0268	1.163
オホーツク	佐呂間	30	56	17	0.970	-0.0223	0.822
オホーツク	網走	19	16	11	0.944	-0.0249	0.563
オホーツク	北見	35	46	16	0.904	-0.0232	0.562
オホーツク	留辺蘂	34	53	13	0.960	-0.0253	0.871
オホーツク	宇登呂	30	64	12	0.996	-0.0278	1.209
オホーツク	斜里	33	70	14	0.946	-0.0278	1.137
オホーツク	津別	30	77	15	0.991	-0.0263	1.234
オホーツク	白滝	24	44	18	0.919	-0.0216	0.772
根室	中標津	33	39	6	0.900	-0.0555	1.794
根室	別海	29	28	5	0.934	-0.0685	2.144
根室	厚床	32	20	6	0.878	-0.0580	1.465
釧路	川湯	33	58	16	0.962	-0.0266	0.999
釧路	阿寒湖畔	32	81	17	0.965	-0.0255	1.080
釧路	標茶	31	26	11	0.897	-0.0307	0.698
釧路	鶴居	33	27	7	0.978	-0.0505	1.424
釧路	中徹別	30	30	8	0.994	-0.0419	1.308
釧路	太田	32	34	10	0.936	-0.0400	1.238
釧路	白糠	32	13	4	0.948	-0.0717	1.824
十勝	陸奥	32	35	8	0.970	-0.0384	1.141
十勝	ぬかひら源泉郷	34	56	8	0.991	-0.0410	1.505
十勝	上士幌	31	20	8	0.923	-0.0331	0.692
十勝	新得	33	56	9	0.962	-0.0326	1.217
十勝	本別	33	14	5	0.970	-0.0544	1.282
十勝	芽室	31	45	13	0.896	-0.0327	1.107
十勝	常広	20	24	7	0.955	-0.0448	1.541
十勝	浦幌	33	22	7	0.906	-0.0486	1.158
十勝	上札内	34	99	14	0.985	-0.0267	1.233
十勝	大樹	31	102	19	0.965	-0.0219	1.015
十勝	広尾	26	72	11	0.968	-0.0414	1.763
胆振	安平	35	23	5	0.951	-0.0720	2.093
胆振	大滝	35	100	14	0.876	-0.0343	1.277
胆振	大岸	35	42	5	0.985	-0.0633	1.999
胆振	登別	30	25	5	0.938	-0.0794	2.336
日高	日高	34	34	7	0.996	-0.0514	1.559
日高	中札臼	34	17	8	0.977	-0.0270	0.464
日高	目黒	34	64	11	0.969	-0.0314	1.183
渡島	長万部	35	25	4	0.968	-0.0705	2.005
渡島	八雲	35	48	4	0.999	-0.0793	2.509
渡島	大沼	32	38	8	0.954	-0.0476	1.592
渡島	千軒	35	96	8	0.984	-0.0466	1.891
渡島	森	16	21	6	0.932	-0.0558	1.810
渡島	熊石	35	32	8	0.959	-0.0458	1.429
檜山	今金	35	46	6	0.979	-0.0679	2.236
檜山	鶴	35	27	7	0.908	-0.0479	1.245
青森	むつ	26	25	9	0.923	-0.0369	1.004
青森	五所川原	35	39	6	0.924	-0.0486	1.477
青森	青森	21	58	12	0.905	-0.0343	1.252
青森	弘前	35	81	12	0.861	-0.0376	1.227
青森	酸ヶ湯	35	580	27	0.986	-0.0200	1.856
青森	碓ヶ関	35	60	8	0.985	-0.0479	1.635
青森	脇野沢	34	38	10	0.935	-0.0397	1.169
青森	鯉ヶ沢	34	31	4	0.956	-0.0664	2.021
青森	十和田	35	33	8	0.996	-0.0345	1.007
青森	三戸	35	27	8	0.976	-0.0348	0.981
秋田	能代	35	15	7	0.986	-0.0388	0.860

表1 つづき

府県 振興局	観測所名	観測 年数	事例 数	階級 数	r^2	係数 a	係数 b
秋田	鷹巣	34	36	7	0.977	-0.0403	1.187
秋田	鹿角	34	55	7	0.957	-0.0522	1.811
秋田	五城目	32	19	10	0.869	-0.0274	0.326
秋田	阿仁合	32	140	41	0.697	-0.0084	0.009
秋田	角館	33	81	10	0.977	-0.0406	1.690
秋田	大正寺	33	56	12	0.957	-0.0345	1.159
秋田	本荘	35	18	14	0.683	-0.0169	-0.219
秋田	横手	35	173	15	0.969	-0.0298	1.482
秋田	矢島	34	93	13	0.966	-0.0362	1.448
秋田	湯の岱	34	201	12	0.954	-0.0368	1.946
秋田	湯沢	33	145	17	0.865	-0.0291	1.186
岩手	二戸	34	21	10	0.960	-0.0280	0.603
岩手	岩手松尾	27	17	9	0.835	-0.0300	0.475
岩手	奥中山	35	42	11	0.800	-0.0336	0.767
岩手	葛巻	34	22	13	0.903	-0.0142	0.080
岩手	雫石	34	33	7	0.967	-0.0540	1.566
岩手	遠野	34	17	5	0.987	-0.0457	1.019
岩手	湯田	34	278	21	0.981	-0.0251	1.599
岩手	北上	34	25	5	0.993	-0.0707	2.001
岩手	祭時	34	246	16	0.979	-0.0310	1.800
岩手	区界	33	58	13	0.976	-0.0295	1.159
岩手	久慈	29	15	8	0.963	-0.0367	0.880
岩手	岩泉	27	25	10	0.958	-0.0344	0.959
宮城	川渡	34	47	9	0.977	-0.0416	1.422
宮城	駒ノ湯	21	121	18	0.975	-0.0231	1.340
宮城	古川	30	14	7	0.768	-0.0396	0.641
宮城	新川	33	33	22	0.657	-0.0112	-0.313
山形	金山	35	167	28	0.816	-0.0167	0.686
山形	狩川	35	108	14	0.978	-0.0348	1.532
山形	新庄	26	89	12	0.967	-0.0376	1.602
山形	櫛引	35	119	29	0.706	-0.0133	0.230
山形	尾花沢	34	245	26	0.966	-0.0206	1.286
山形	肘折	35	557	31	0.993	-0.0189	1.771
山形	大井沢	35	442	22	0.975	-0.0278	2.073
山形	山形	21	22	4	0.982	-0.0885	2.733
山形	長井	35	135	11	0.974	-0.0452	2.102
山形	小国	35	271	17	0.983	-0.0307	1.912
山形	米沢	34	162	13	0.994	-0.0378	1.868
山形	左沢	34	120	8	0.911	-0.0516	2.219
山形	向町	34	180	15	0.994	-0.0317	1.648
福島	西会津	35	121	21	0.987	-0.0196	0.990
福島	猪苗代	34	98	15	0.972	-0.0241	1.082
福島	只見	35	404	25	0.967	-0.0220	1.874
福島	金山	23	170	22	0.987	-0.0202	1.377
福島	若松	20	31	18	0.957	-0.0185	0.641
福島	南郷	34	256	25	0.993	-0.0202	1.526
福島	田島	35	120	17	0.949	-0.0310	1.541
福島	桧枝岐	35	344	22	0.971	-0.0185	1.625
福島	湯本	29	94	12	0.979	-0.0344	1.551
福島	茂庭	26	50	10	0.981	-0.0387	1.455
栃木	那須高原	29	30	6	0.979	-0.0611	1.855
栃木	土呂部	28	36	11	0.909	-0.0305	0.827
栃木	奥日光	20	26	10	0.766	-0.0313	0.723
群馬	藤原	28	270	25	0.965	-0.0228	1.834
群馬	みなかみ	28	227	18	0.990	-0.0215	1.595
群馬	草津	28	49	19	0.943	-0.0201	0.685
長野	野沢温泉	35	441	20	0.986	-0.0222	1.784
長野	信濃町	35	166	11	0.965	-0.0399	1.937
長野	飯山	34	257	15	0.940	-0.0284	1.807
長野	小谷	34	295	20	0.983	-0.0288	1.805
長野	白馬	34	142	19	0.933	-0.0256	1.150
長野	大町	34	63	7	0.961	-0.0557	1.931
長野	菅平	35	59	11	0.961	-0.0326	1.073
長野	開田高原	27	19	5	0.992	-0.0493	1.371
岐阜	河合	33	254	23	0.978	-0.0193	1.452

府県 振興局	観測所名	観測 年数	事例 数	階級 数	r^2	係数 a	係数 b
岐阜	神岡	34	139	23	0.967	-0.0219	1.191
岐阜	白川	35	356	25	0.987	-0.0205	1.726
岐阜	高山	20	26	11	0.930	-0.0267	0.927
岐阜	長滝	32	154	30	0.979	-0.0149	1.012
岐阜	樽見	35	94	20	0.987	-0.0225	1.125
岐阜	関ヶ原	21	15	10	0.952	-0.0288	0.731
新潟	下関	35	122	16	0.991	-0.0288	1.375
新潟	新潟	21	10	11	0.780	-0.0190	-0.018
新潟	新津	35	52	13	0.983	-0.0257	0.917
新潟	津川	35	153	21	0.989	-0.0234	1.316
新潟	長岡	35	127	21	0.977	-0.0194	1.040
新潟	柏崎	34	67	14	0.980	-0.0274	1.123
新潟	守門	33	396	40	0.938	-0.0151	1.357
新潟	小出	34	296	34	0.989	-0.0160	1.368
新潟	高田	20	65	14	0.964	-0.0246	1.274
新潟	安塚	34	257	47	0.904	-0.0108	0.802
新潟	十日町	34	347	32	0.972	-0.0170	1.456
新潟	能生	35	154	21	0.988	-0.0210	1.313
新潟	関山	34	447	24	0.991	-0.0218	1.848
新潟	湯沢	33	408	22	0.981	-0.0230	1.903
新潟	津南	28	377	28	0.975	-0.0222	1.858
富山	朝日	35	52	11	0.945	-0.0309	1.170
富山	魚津	34	74	11	0.985	-0.0361	1.490
富山	伏木	26	47	9	0.953	-0.0372	1.419
富山	富山	22	35	8	0.934	-0.0422	1.640
富山	砺波	35	93	12	0.991	-0.0359	1.563
富山	氷見	28	34	7	0.977	-0.0324	1.054
富山	猪谷	35	254	21	0.992	-0.0190	1.405
石川	珠洲	35	40	9	0.922	-0.0229	0.712
石川	七尾	35	18	7	0.981	-0.0409	0.982
石川	金沢	21	12	15	0.882	-0.0169	0.129
石川	白山河内	35	157	23	0.966	-0.0208	1.098
石川	加賀菅谷	35	117	25	0.952	-0.0187	0.904
福井	九頭竜	34	247	27	0.985	-0.0178	1.462
福井	福井	21	19	12	0.953	-0.0258	0.683
福井	大野	35	134	19	0.983	-0.0183	1.031
福井	今庄	35	123	20	0.973	-0.0200	1.053
福井	敦賀	20	18	13	0.919	-0.0208	0.360
福井	小浜	35	31	11	0.910	-0.0264	0.544
福井	武生	28	33	11	0.939	-0.0216	0.698
滋賀	柳ヶ瀬	35	162	43	0.919	-0.0106	0.597
滋賀	今津	34	59	24	0.924	-0.0165	0.515
滋賀	米原	17	22	6	0.903	-0.0416	1.484
滋賀	彦根	19	10	5	0.935	-0.0540	1.280
京都	峰山	33	54	23	0.922	-0.0127	0.347
京都	舞鶴	18	16	7	0.902	-0.0305	0.813
京都	美山	35	39	6	0.927	-0.0562	1.763
兵庫	香住	32	52	15	0.956	-0.0286	1.126
兵庫	豊岡	18	21	8	0.971	-0.0310	1.035
兵庫	和田山	33	44	12	0.973	-0.0319	0.993
岡山	上長田	26	112	15	0.975	-0.0327	1.677
岡山	千屋	28	63	10	0.983	-0.0424	1.685
岡山	今岡	26	11	5	0.943	-0.0586	1.400
広島	高野	27	141	18	0.989	-0.0274	1.638
広島	八幡	27	130	15	0.991	-0.0262	1.473
広島	大朝	27	69	12	0.971	-0.0278	1.143
島根	横田	35	118	20	0.908	-0.0223	0.963
島根	赤名	35	113	13	0.972	-0.0365	1.775
島根	瑞穂	34	59	16	0.934	-0.0251	0.827
島根	弥栄	34	36	8	0.974	-0.0358	1.119
鳥取	倉吉	35	34	9	0.930	-0.0425	1.318
鳥取	大山	35	280	27	0.942	-0.0203	1.408
鳥取	智頭	34	75	13	0.968	-0.0355	1.402
鳥取	鳥取	19	20	13	0.932	-0.0212	0.446

頻度 $F(s \geq S)$ を推定するための式(1)の係数 a と b を示す。本手法の解析上の留意点は、松下ら(2019)²⁾を参照のこと。

4. おわりに

本論文で提案した手法により、確率分布を用いなくても簡便に多量降雪事例の発生頻度の推定式を得ることができる。この手法は、降雪や大雪に関連した対策、例えば除雪体制を計画するための降雪深とその頻度の推定や、融雪施設的设计降雪深の算出などに活用することができると思われる。また、予め降雪深とその発生頻度の関係(回帰式)を求めておくと、今後予想される

降雪深が、どのくらいの頻度で起こる降雪なのか事前に把握することができ、大雪や雪崩などに対する予防的対策や事前準備の参考資料として用いることも考えられる。

参考文献

- 1) 松下拓樹, 高橋渉, 高橋丞二, 2018: 降雪の発生頻度に関する簡易評価手法. 寒地技術論文・報告集, 34, 147-152.
- 2) 松下拓樹, 高橋渉, 高橋丞二, 2019: 雪崩発生条件を満たす降雪事例の頻度解析. 寒地土木研究所月報, 792, 2-10.

一回の暴風雪の厳しさを評価する指標の提案に向けた取り組み

原田裕介*1 大宮 哲*1 武知洋太*1 高橋 丞二*1

1. はじめに

近年、急速に発達した低気圧や収束帯によってもたらされる激しい吹雪や降雪に伴い、多数の車両の立往生や長時間に亘る通行止めなどの障害が度重なって発生している。平成 25 年 3 月に北海道東部で発生した暴風雪では、9 名もの尊い命が失われた。平成 27 年 1 月に北海道羅臼町で発生した暴風雪では、国道 335 号が通行止めとなり、羅臼町は 3 日間にわたり孤立した。また、平成 30 年 2 月に福井県嶺北地域での大雪により、国道 8 号では最大で約 1,500 台の車両が長期間に渡り滞留し、通行規制解除まで 3 日を要した。

このような雪氷災害による被害を軽減するためには、一回の極端な暴風雪や大雪の厳しさを適切に表す指標が必要である。これまで、吹雪関連では年間累計吹雪量や視程障害発生頻度が、大雪関連では年間累計降雪量や年最大積雪深が厳しさを示す指標としてそれぞれ示されている。しかし、これらは一冬期を通したものであり、地域住民の生活や経済活動に打撃を与える、一回の暴風雪や大雪の厳しさを適切に評価する指標ではない。よって、激しい吹雪や降雪に伴う道路通行規制の数値基準は、現時点では確立されておらず、各路線の道路管理者が、気象状況・現地パトロール・管理用カメラ映像などに基づく総合的な判断により通行規制を実施している。また、国土交通省による「大雪時の道路交通確保対策中間とりまとめ¹⁾」によれば、情報収集や提供の工夫、地域や道路ネットワーク（路線・区間）ごとにタイムラインの策定を行うべきと指摘している。そこで、一回の極端な暴風雪や大雪の厳しさを指標にもとづき適切に表現のうえ、これらの頻度や地域性をハザードマップ等で提示し、通行規制や情報提供のタイミングなど道路管理における判断を支援するための方策を示すことができれば、暴風雪や大雪災害の軽減に資するものと考えられる。

著者らは、一回の暴風雪の厳しさを評価する指標の提案に向けて検討している（図 1）。本稿では、そのうち吹雪量の推定と時間吹雪量の推算手法、暴風雪災害事例の分析結果、今後の実施方針について示す。吹雪量は、風向に対して直交する単位幅を単位時間に通過する雪粒子の質量（g/m/s）のことを指し²⁾、その値の大小により吹雪の度合いを示すものである。

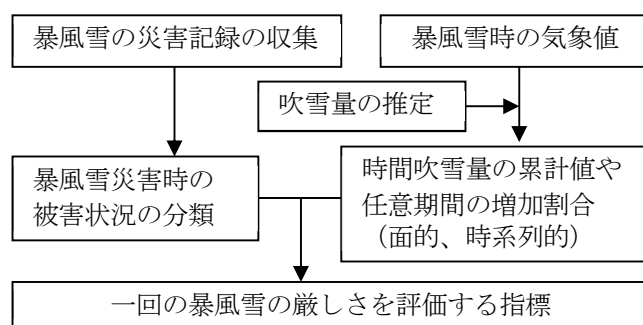


図 1 一回の暴風雪の厳しさを評価する指標の検討フロー（案）

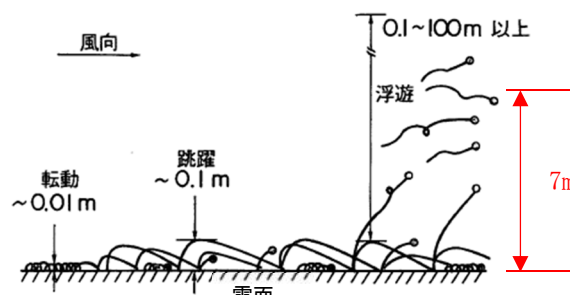


図 2 吹雪の運動形態（転動・跳躍・浮遊）³⁾ と、本研究の吹雪量の検討高さ（赤）

2. 吹雪量の推定と時間吹雪量の推算手法

吹雪の運動形態は、転動・跳躍・浮遊の 3 種類があり、一般に吹雪は転動から始まり、風速の増加に伴い跳躍から浮遊へと発達する（図 2）³⁾。転動は、雪粒子が雪面上を転がる運動である。跳躍は、雪粒子が雪面上をバウンドしながら風によって運ばれる運動であり、その高さは、概ね 0.1m 程度とされている。浮遊は、風によって雪粒子が空気中に舞い上げられる運動であり、その高さは 100m 以上に達することもある。以上より、雪面からの高さが大きいほど、雪粒子が少なく吹雪量に占める割合も小さくなる。

吹雪量の推定に際し広範囲に展開させるには、一般的な気象要素を用いることが肝要である。本稿では、上記を考慮した地吹雪発生及び雨雪の判別条件を用いて、降雪や地吹雪の発生が推定された場合に、高さ 7 m までの吹雪量を推定した（図 2 の赤）。ここでは、道路防雪柵や道路標識の高さの大半が 7m 以下であることから、道路管理の実務においては高度 7m 程度までの吹雪量を加味すれば十分と考えた。以下に、その概略を示す。

* 1 国立研究開発法人土木研究所 寒地土木研究所

中心としたエリア（図5の黒枠内）を対象に、吹雪による国道通行止めの実施有無と時間吹雪量との関係を図6に整理した。図中には、当該エリアにおける国道路線とその番号を付記した。当該時刻において通行止めが実施されていた路線・区間は赤、実施されていない路線・区間は黒でそれぞれ示した。吹雪量を面的に示すことで、特定の路線における暴風雪

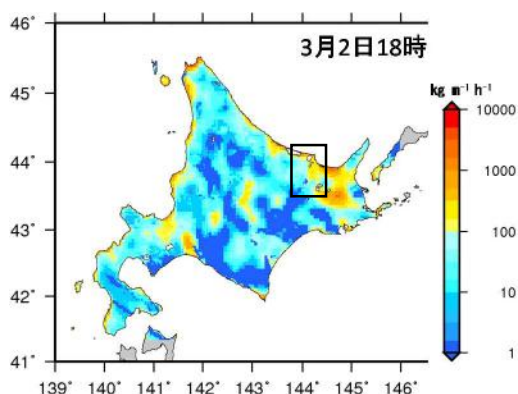


図5 3月2日18時における時間吹雪量

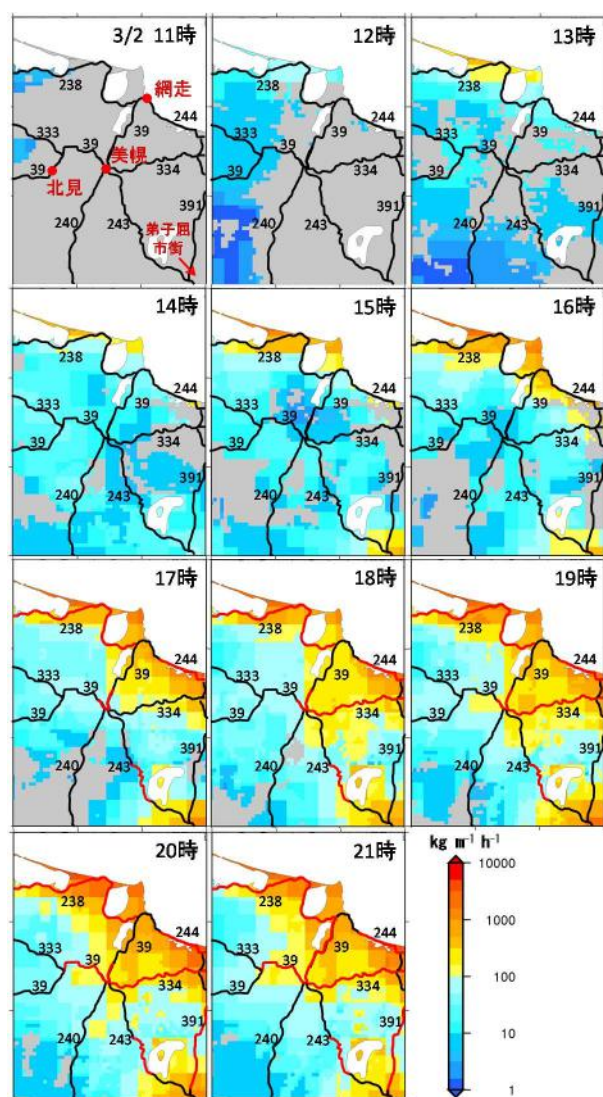


図6 通行止め実施有無と時間吹雪量との関係（2013年3月2日11時～21時）図中のグレーは吹雪量ゼロを示す。

の特に厳しい区間の特定、エリア内での厳しい区間の広がりや濃淡、ならびに通行止め区間や地域ごとの特徴の把握ができることが示された。例えば、16時30分前後において通行止めが実施された238号と39号を比較した場合、海岸沿いに位置する238号は昼過ぎから強めの吹雪が継続したにも関わらず、吹雪の発生開始が遅く、かつ比較的吹雪が弱かった39号とほぼ同じタイミングで通行止めが実施された。一方、20時30分に延伸された39号の区間については、夕方以降、長時間にわたって強い吹雪が発生していたにも関わらず、通行止め実施タイミングは遅かった。また、弟子屈市街は15時頃から長時間にわたって強めの吹雪が継続していたにも関わらず、その中心部が通行止めになることは無かった。

3. 3 時系列的観点からの分析

3. 2節で検討した通行止め区間ごとに、吹雪発生から通行止め実施にいたるまでの累積吹雪量との関係について整理する。はじめに、各通行止め区間の累積吹雪量を代表すると見なす1kmメッシュの選定を行う。本解析では、各通行止め区間において最も吹雪が激しかったと推定される1kmメッシュを「当該区間を代表する吹雪量を示すメッシュ」と見なし、吹雪発生中における任意の3時間累積吹雪量が最大となったメッシュを抽出した（図7左）。これは、国土交通省が想定する各除雪工区における1サイクルの除雪時間（除雪作業開始から終了後に戻ってくるまでの時間）が約3時間であることに基づく⁶⁾。なお、該当エリアのうち、通行止めの区間延

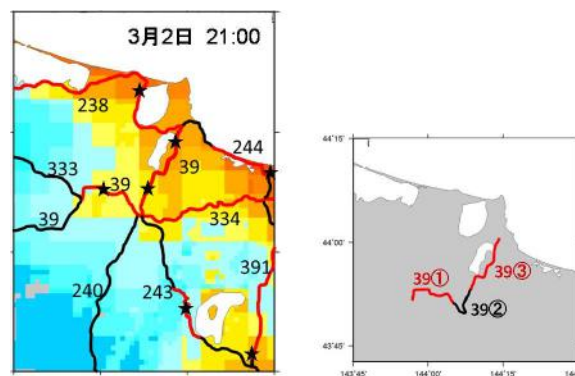


図7 左：各通行止め区間（赤）と代表する吹雪量と見なすメッシュ（図中の★：334号は範囲外）右：区間の分割（39号）

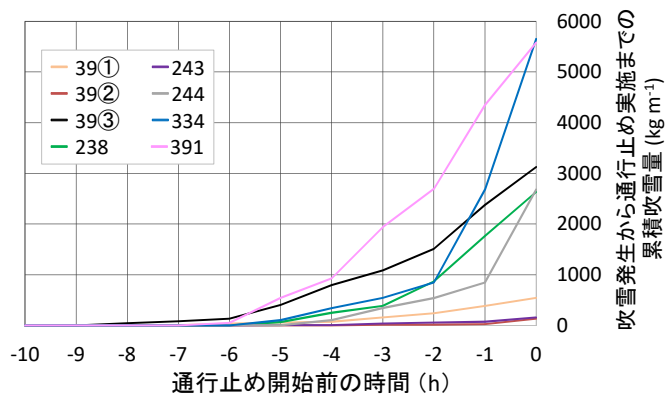


図8 通行止め実施までの累積時間吹雪量とその増加速度（2013年3月2日11時～21時）

伸が行われた39号は、その延伸区間を別区間として扱うこととし、図7右に示すように分割した。

つぎに、図7で抽出した通行止め区間を代表する吹雪量を示すメッシュを対象に、通行止め実施までの累積吹雪量と、その増加速度（グラフの傾き）を図8に示した。図中の横軸は通行止め開始前の時間で、通行止めが実施されたタイミングを0時間（0h）とした。その結果、通行止めに至るまでの時間吹雪量の累積値や増加傾向は、通行止め区間ごとに大きく異なった。このことから、通行止めの実施判断をサポートするための指標を作成する際、その判断基準（閾値等）を路線や区間ごとに検討する必要があることが示された。

4. 今後の実施方針

今後、図1を基に過去の暴風雪事例について網羅的に時間吹雪量を演算のうえ、3章で示した分析手法を参考に既往最大値の算出、規模毎の発生頻度の整理、通行止め等との関連づけを行う予定である。また、各通行止め路線の代表点（3時間累積吹雪量の最大値となるメッシュ等）と、近傍の道路テレメータまたは気象庁アメダス等の固定点との、距離・累積吹雪量・累積降雪量等の増加割合等について示すことができれば、固定点で取得した最新値を用いて検討することで、実態に即した道路管理につながるものと考えられる。

「避難勧告等に関するガイドライン（内閣府 2019）⁷⁾」によれば、災害時に住民がとるべき行動を5段階に分け、情報と行動の対応を明確化している。暴風雪災害の規模について、道路管理に資することを重点に置いた5段階の警戒レベル（案）を表1に示す。最終的には、極端な暴風雪の厳しさを評価する指標を数値化し、警戒レベルに応じたハザードマップの提示と、道路管理における判断支援方策を提案することを考えている（図9）。

本研究は、気象データのみに基づいて解析を行ったものであり、地形や土地利用状況、道路の周辺環境等については現時点で考慮していない。将来的な課題として、上記の気象要素以外の事項についても検討項目に加えることが考えられる。路線ごとの除雪体制の違いや地域特性、実際のオペレーションなど、社会科学的観点からも整備できれば、より実態に即した基準に近づく可能性が示唆される。

参考文献

- 1) 国土交通省，2017：大雪時の道路交通確保対策中間とりまとめ，21pp.
- 2) 日本雪氷学会，2014：新版雪氷辞典，古今書院，190.
- 3) 竹内政夫，1984：吹雪と吹きだまりの発生機構，鉄道士

表1 暴風雪災害における警戒レベル（案）

警戒レベル	暴風雪災害の規模	(参考) 気象情報
レベル5	通行止め＋集落孤立（自衛隊派遣等）	過去に経験のない
レベル4	通行止め＋除雪作業困難（他地方整備局や開発建設部に応援、災害対策本部の設定）	数年に1度
レベル3	通行止めまたは立ち往生発生	警報
レベル2	平均旅行速度の低下	注意報または警報
レベル1	除雪	注意報

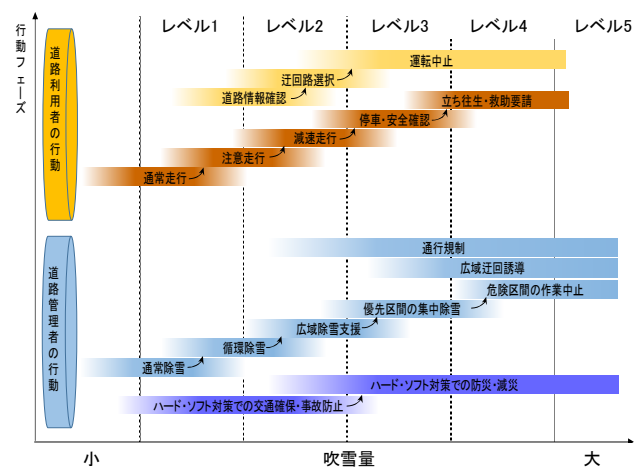


図9 道路管理における判断支援方策（案）

木，26，12，41-44.

- 4) 武知洋太・松澤勝・國分徹哉・大宮哲・原田裕介，2016：“吹雪の視界情報”における吹雪視程推定手法について．寒地技術論文報告集，32，157-162.
- 5) 大宮哲・武知洋太・高橋丞二・松澤勝，2018：降雪時における吹雪量推定式の提案－降雪強度と風速による吹雪量の算定－．雪氷研究大会(2018・札幌)講演要旨集，273.
- 6) 国土交通省，2018：第4回冬期道路交通確保対策検討委員会(2018年11月1日開催)配付資料，資料4：今冬の大雪対応 予定．<http://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-council/toukidourokanri/giji04.html> (2019年10月〇日閲覧).
- 7) 内閣府，2019：避難勧告等に関するガイドライン①（避難行動・情報伝達編）．92pp.

胆振東部震災被害が長期的に冬期道路管理に与える影響について

佐藤 雅史*1 星野 洋*2

1. はじめに

平成30年9月6日午前3時に発生した胆振東部地震（厚真町震度7）では、地域の公共土木施設が大きな被害を受けた（写真-1）。北海道室蘭建設管理部が所管する公共土木施設の被害状況を表-1に整理する。



写真-1 上幌内早来（停）線吉野地区 被害状況

表-1 被害状況（室蘭建設管理部所管）

道路	111 箇所
橋梁	19 箇所
河川（ダム含む）	26 箇所
漁港	8 箇所

本震発生後は約5ヶ月後まで震度5以上の余震が継続的に発生し（表-2）、日常的な道路の維持・管理面での対応が余儀なくされているとともに、積雪寒冷地特有の対応を行っている。

本報告では、胆振東部震災被害が長期的に冬期道路管理に与える影響について報告する。

表-2 震度5以上余震発生状況

本震直後	平成30年9月6日6時11分	震度5弱
約1ヶ月後	平成30年10月5日8時58分	震度5弱
約5ヶ月後	平成31年2月21日21時22分	震度6弱

2. 地震による道路被害の状況

2-1. 地震発生後の初動体制について

地震発生2日前の9月4日16時から5日16時まで、台風21号の影響により室蘭建設管理部苫小牧出張所では昼夜を通じて降雨や強風による倒木処理などの対応に追われていた。風雨が落ちていて帰宅した深夜に突然の大きな揺れに襲われ、直ちに出張所へ登庁した（9月6日3時15分登庁）。事務所では停電が発生しており非常用電源を使用して対応を開始した。

初動対応として、事務所の被害状況を確認したが大きな被害はなく、直ちに職員の安否確認を行った。

これらと並行して、3時30分に委託業者へ道路パトロールの指示を行った。

停電の影響からテレビによる情報収集はできず、電話での現地状況の収集を行うこととなった。

地震規模が大きく特に厚真町市街地にいる委託パトロール班のみでは、早期の状況把握が困難と判断し、直営による道路パトロールを3班構成して出動させた。

直営班は主に厚真町南エリア・新千歳空港エリア・跨線橋が多い追分エリアに出動させ、各地域の被害状況の把握や交通の確保状況について確認を行った。

さらに、北海道職員を被災3町（厚真町・安平町・むかわ町）へ、リエゾンとして派遣し被害状況の把握と通行規制情報の提供などを行った。

このほか同時に、被災状況について情報収集や整理・通行規制対応・緊急委託による道道の段差解消（写真-2）や啓開作業などの応急工事の実施指示・災害調査依頼・橋梁点検依頼などを行った。



写真-2 橋梁部段差の解消

2-2. 通行規制状況

地震発生後は直ちに舗装の段差解消などを実施し、通行の確保を行ってきたところであるが、大規模な土砂崩落や道路陥没、橋梁損傷により多くの通行規制を余儀なくされた。

9月6日の地震発生後、15路線19箇所・規制延長57.6kmとなっており、その後の懸命な応急工事により約1ヶ月後の10月9日には8路線9箇所、2ヶ月後の11月13日には山岳部の未改良道路の大規模崩壊箇所の2路線2箇所を除き、交通の確保を図った。

2-3. 被害状況

道路被災状況は、舗装クラックや陥没などが56箇所、道路決壊箇所が23箇所、吉野地区や富里地区などの土砂崩壊による被災が32箇所が発生し、計111箇所

*1 室蘭建設管理部 災害復旧推進室（前 苫小牧出張所長）

*2 株式会社シー・イー・サービス

約 54.6 億円の被害額となった。

特に上幌内早来停車場線の吉野地区では被害が大きく約 800m で斜面崩壊により家屋や道路を押し、場所によっては最大約 40m 押し流されていた（写真- 3）。



写真- 3 上幌内早来（停）線吉野地区

道路の陥没等については、平取厚真線厚真町宇隆地区や千歳鶴川線厚真町ルーラル地区で大規模な道路陥没が発生した（写真- 4）。



写真- 4 平取厚真線宇隆地区 道路陥没状況

3. 大規模地震が道路管理に与える影響

3- 1 舗装への影響

室蘭建設管理部では、日々の道路管理において路面の平坦性についてIRIを用いて評価を行っている。また、パトロールにおける応急処置や住民通報履歴は公共土木施設維持管理システムによりデータベース化を図っている。

これらのデータを活用し、震災前後の舗装に関する影響を整理報告する。

1) 本震発生前後の平坦性 (IRI) の変化

地震直前・直後において、IRIが大きく変化した事例を報告する。

図- 1は、震災後IRIと震災前IRIの差を図化したものである。棒グラフが高く表示されている区間が震災により平坦性が低下したところである。

震源を中心に多くの区間で平坦性の低下が起きていることがわかった。

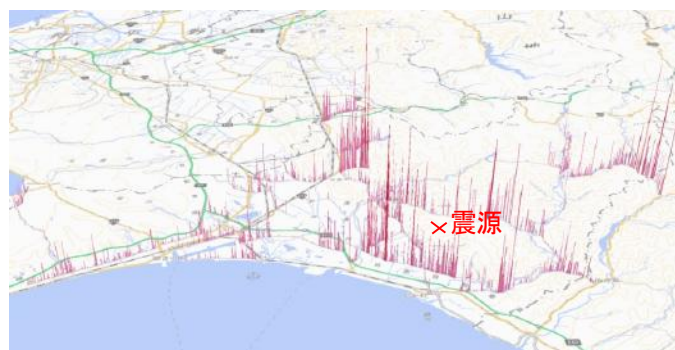


図- 1 震災前後の IRI の差（震災後 IRI-震災前 IRI）

図- 2、図- 3は、道道穂別鶴川線および道道平取厚真線におけるIRIの変化と被害状況の写真である。

穂別鶴川線では、震災により舗装表面に不陸が生じ、路肩部が全体的に沈下した状況が確認され、IRIが3~8と著しく平坦性が損なわれていることがわかった。

また平取厚真線においては車線中央部に縦断的にひび割れが発生し、IRIが3~6となり平坦性が損なわれていることがわかった。

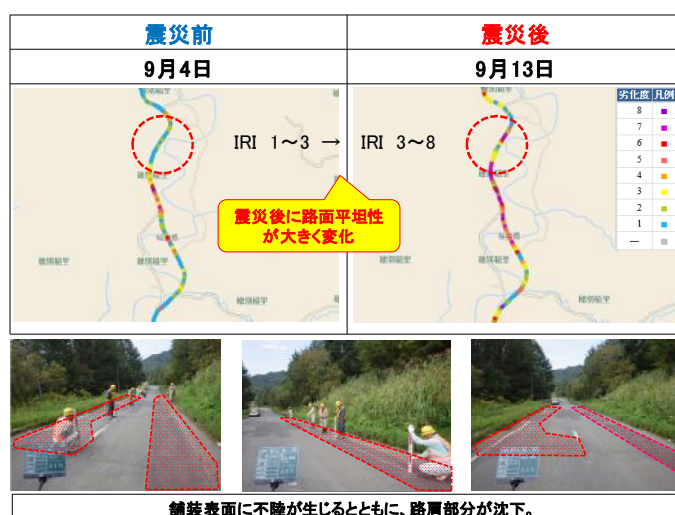


図- 2 道道穂別鶴川線の IRI の変化

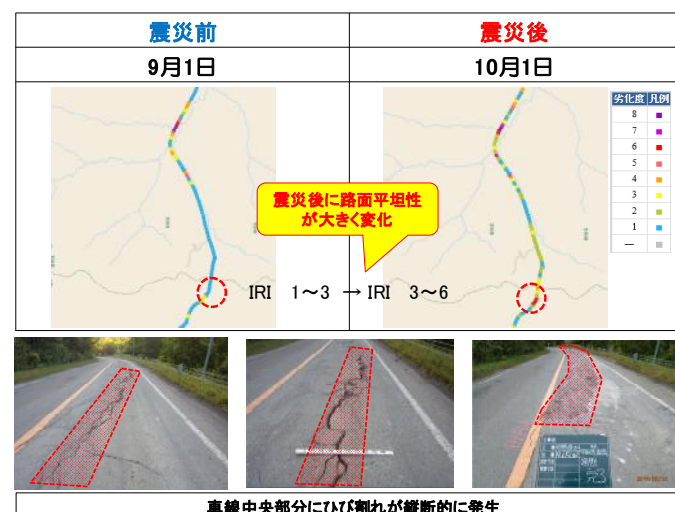


図- 3 道道平取厚真線の IRI の変化

路面平坦性を常時把握することで、図- 4～図- 7に示すような様々な舗装の変化・変状をモニタリングすることが可能で、迅速な舗装修繕に活用ができる。



図- 4 路肩縦断クラック(左)・舗装不陸・路体沈下(右)

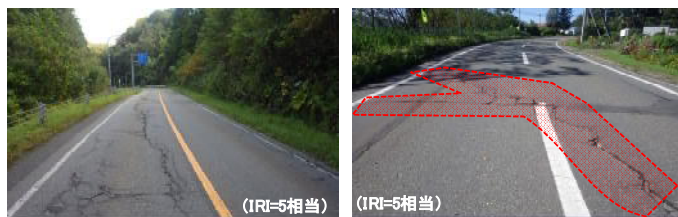


図- 5 車道ひび割れ(左)・車道斜めにひび割れ(右)



図- 6 路肩部沈下(左)・横断的な段差(右)



図- 7 亀裂・段差(左)・橋梁ジョイント部段差(右)

2) 本震発生後～5月末までの平坦性の変化

平成30年9月6日(本震発生)～令和元年5月30日の道道鵜川厚真線KP=8,800～8,900区間の路面平坦性IRIの変化をグラフ化したものを図- 8に示す。

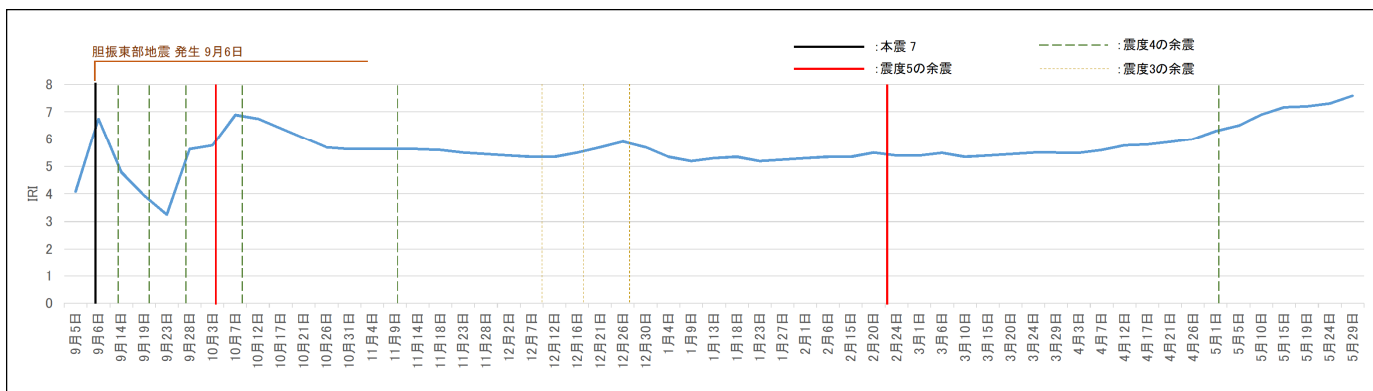


図- 8 道道鵜川厚真線 KP=8,800 付近 IRI の経時変化

本震発生後はIRIが大きく上昇し、早急な復旧工事で一度回復したものの、繰り返し発生する余震により再び損傷を受けIRIが上昇している。

更に厳冬期の2月以降から徐々にIRIが大きくなりをはじめており、凍上現象により舗装不陸やひび割れ等が発生し、平坦性の低下を起こしている可能性が考えられる。

さらに5月以降にはIRIが6を超える状態となり、平坦性が著しく低下し地域物流や救急搬送等に影響の出る状況となっていることから、引き続き舗装の修繕を行っていく必要がある。

3) パトロールでの舗装応急処置の変化

日々のパトロールで発見した路面損傷の応急処置月別件数を、震災前後で比較したグラフを図- 9に示す。

震災発生直後の9月～11月には舗装の損傷件数が1.7倍、4月～5月の春先には約2.0倍に大きく増加していることがわかった。増加した一要因として、先に述べた凍上被害による舗装の損傷個所の応急処置と考えられる。

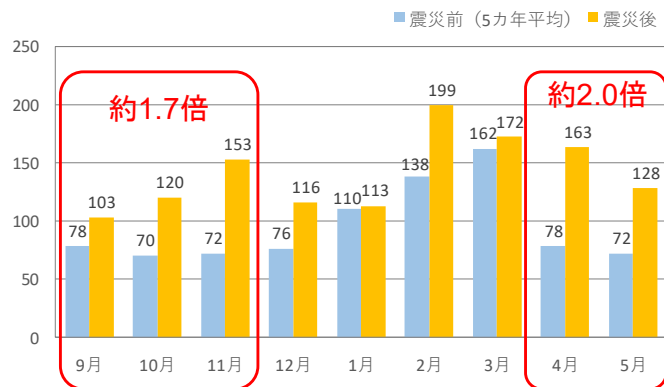


図- 9 路面応急処置件数(震災前後の比較)



写真- 5 路面損傷状況
(左：平取厚真線 右：穂別鵜川線)

4) 住民からの路面に関する要請

電話などにより住民から寄せられる通報や要請について、路面に関するものを震災前後で比較したグラフを図-10に示す。

震災後は例年に比べ通報件数が約2倍程度増加し、特に地震の影響があった厚真町、安平町、むかわ町については約5～8倍とかなり多く寄せられ地域住民への対応業務が増加することが明らかになった。

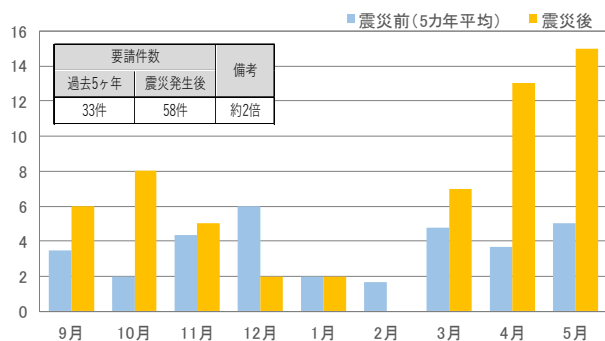


図-10 住民通報件数（震災前後の比較）

【震災後の代表的な住民からの要請】

- ・道路に穴があり大型車が通ると家が揺れる
- ・道路の穴と舗装の盛り上がりが生じている
- ・道路に地震の影響で段差があり摺付けしてほしい など

3-2 除雪作業への影響

被災地域における除雪作業について、震災による被害が除雪作業の効率性に大きく影響を与えた事例を報告する。

1) 除雪作業前の事前準備

震災の影響を受けた道路では、路肩部分の損傷、縁石の破損や復旧工事実施などにより除雪時に注意を払うべきポイントが数多く存在する。これらの注意ポイントは冬期間積雪下に埋没するため、除雪車両から視認できるよう、事前準備として紅白ボールの設置を行った。

例年は管内で2～3カ所程度の注意ポイント設置であったが、震災後の冬期には200箇所程度に設置をすることとなり事前準備に多くの時間を要することとなった。

2) 安全装置作動による効率性低下

除雪機械には、オペレータの安全確保、機械の保護のため刃先の部分に安全装置を装備している（写真-6）。



写真-6 安全装置（シャープン）

震災を受けた道路では舗装の段差が各所で見られ、安全装置が作動することで作業が一次中断し、安全装置を復旧したうえで再度除雪の実施など作業時間に大きなロスが発生した。

4. まとめ

北海道胆振東部地震は、北海道が初めて経験する震度7の地震であり被害の大きさも甚大であった。

本報告では、地震発生直後のパトロールや通行規制および道路啓開などの対応状況を報告した。

また、路面平坦性データやパトロール報告、住民通報要請など各種データベースを活用し、客観的に震災後の道路管理に与える影響を整理した。

この結果、大規模震災後は、長期間にわたり継続した道路管理対応が必要となることを一事例として報告する。

【謝辞】

地震発生後の対応にあたって、室蘭建設業協会・日高建設業協会・日胆地区測量設計協会・胆振日高地方道道維持除雪業務連絡協議会など、多くの方に昼夜を問わず懸命に取り組んでいただきました。この場をお借りし、改めてお礼を申し上げます。

最後に、今回の北海道胆振東部地震により犠牲になられた方々に謹んで弔慰を表しますとともに、被災された方々の一日も早い復興をお祈りいたします。

参考文献

- 1) 横山俊宏，佐藤雅史，星野洋，2019：胆振東部震災被害が長期的に道路管理（舗装・除雪）に与える影響について，第33回日本道路会議

国道38号樹海峠における車両スタック発生時の対応と課題

久保田 良司、近江 隆洋 ※1

1. はじめに

国道38号は北海道滝川市から釧路市に至る一般国道で、北海道の東西をつなぐ大動脈である。芦別市・富良野市境から南富良野町・新得町境に至る区間を当開発建設部富良野道路事務所が管理している。

平成30年3月1日から2日は低気圧の接近、通過の影響により、沿岸部では全道的に雪を伴って最大風速20メートル、最大瞬間風速30メートル以上の非常に強い風を観測し、暴風雪や大しけとなったほか、積雪が平年より多い状況の中、太平洋側を中心に50センチ以上の大雪となった。気象台からのプレスリリースでは「人命にかかわるような暴風雪や大雪となるおそれがあります。」と呼びかけられ、更に北海道開発局と気象台が連携したプレスリリースでは「数年に一度の猛ふぶき」と厳重な警戒を呼びかけた。この大雪、暴風雪により道路交通は麻痺し、国道39号石北峠や国道274号日勝峠、E39道東道など道内の東西をつなぐ全ての幹線道路が約1日半にわたり遮断され、社会生活や物流に大きな影響が出た。

管内では国道38号樹海峠において車両スタックによる立ち往生が発生した(図1)。本稿は車両スタック発生時の対応と課題、平成30年度の取り組みを報告するものである。



図1 車両スタック発生箇所(国道38号)

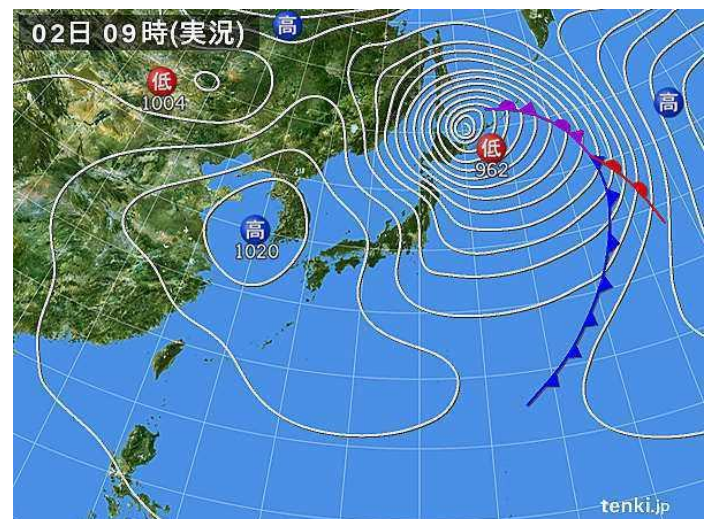


図2 平成30年3月2日9時の天気図

2. 車両スタック発生時の気象状況と雪害状況

2.1. 気象状況

平成30年3月1日から2日にかけて日本海にあった低気圧が急速に発達しながら北海道を通過し、オホーツク海に達して強い冬型の気圧配置となった(図2)。樹海峠周辺では大雪となり、近隣の三の山道路気象テレメータでは本格的に雪が降り始めた1日9時から車両スタックが発生した19時頃にかけて46センチの降雪を観測した(図3)。

2.2. 雪害状況

樹海峠での車両スタックとそれによる滞留は1日19時頃に発生した。スタックした大型車1台(チェーン装着)が発生し、後続の大型車1台(チェーン未装着)が避けようと反対車線に出たところスタックし、両方向と

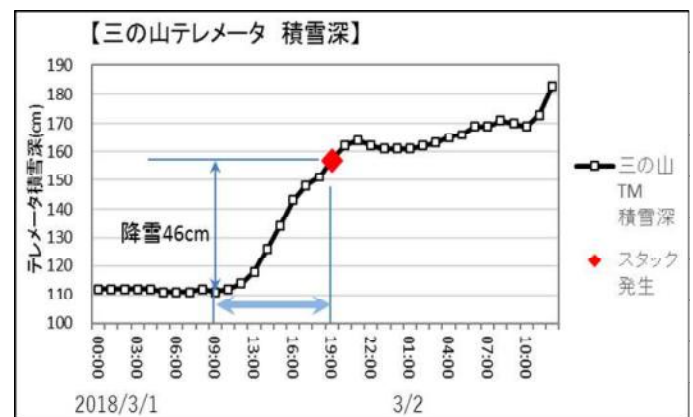


図3 三の山テレメータの積雪深

※1 国土交通省 北海道開発局 旭川開発建設部 道路整備保全課

も通行不可となり滞留が発生した（写真 1・図 4）。滞留長は約 4 kmに及んだ。車両スタック及び立ち往生状況の概要は以下のとおりである。

- ・発生箇所：KP=91.1～97.2付近（上下車線）
- ・発生期間：3月1日19時00分～2日0時30分
- ※通行止め解除は天候回復後の3日7時00分
- ・発生規模：1日19時時点で約4.0km（上下車線）
- ・被害等：人身・物損及び孤立集落なし



写真 1 国道38号 KP=92付近の滞留状況
（3月1日19時頃）



図 4 車両スタック状況

3. 道路管理体制と車両スタックへの対応

国道38号の除雪等対応は1日昼過ぎから隣接する帯広開発建設部と連携して行った。1日19時頃の樹海峠での車両スタック及び滞留発生を受けて、20時15分に通行止めを開始、その後22時前にスタック車両の牽引を開始、22時30分に上り車線の滞留解消、2日0時30分に下り車線の滞留を解消した。その後天候の回

復を待って、3日7時に通行止めを解除した（表 1）。通行止めは36時間に及んだ。これら車両スタック対応状況についてはホームページで報道発表するとともに、SNS (Twitter)でも情報発信を行った（図 5）。

日時	対応内容
2018/3/1	
18:15	スタック車両発生 の報告
19:00	徐々に滞留が発生
19:10	除雪ドーザ到着 作業開始
20:15	R38 樹海峠 通行止め （富良野市西達布～南富良野町幾寅）
20:25	救援物資 出発
21:00	救援物資 樹海峠に到着（飲料水、クラッカー、カンパン、毛布）
22:00前	スタック車両の牽引開始
22:30	上り車線の滞留解消
22:55	滞留車両乗員の安否確認完了
2018/3/2	
0:10	樹海峠の全スタック車両の脱出を確認
0:30	下り車線の滞留解消
15:00	血液輸送車の規制区間通過先導
2018/3/3	
6:45	除雪完了
7:00	R38 樹海峠 通行止め解除
7:15	落合駐車帯の待機車両解消



図 5 SNS (Twitter)での情報発信

通行止め区間内に滞留した車両に対しては、ドライバーの安否確認と救援物資の配給を行った（写真 2）。救援物資は 1 日 21 時頃に現地到着、飲料水（500ml）200 本、クラッカー 40 個、カンパン 29 缶、毛布 30 枚を配給した。安否確認は徒歩で実施し 22 時 55 分に完了した。このように立ち往生車両は早期に解消できたが、通行止めは天候状況の確認から 3 日 7 時まで続いたため、周辺の富良野市や南富良野町の道の駅やコンビニエンスストアに多数の車両が押し寄せることとなった。こうした施設に入りきれない車両は国道内で滞留した。このように約 1 日半にわたり通行止め解除待ちの車両滞留があったものの、定期的なパトロールによって安否や物資の確認を行い、人的被害を防ぐことができた。

2 日昼過ぎには血液輸送車の緊急通過連絡を受け、除雪車と道路パトロール車で通行止め区間の血液輸送車の先導を行った（写真 3）。



写真 2 救援物資の準備状況

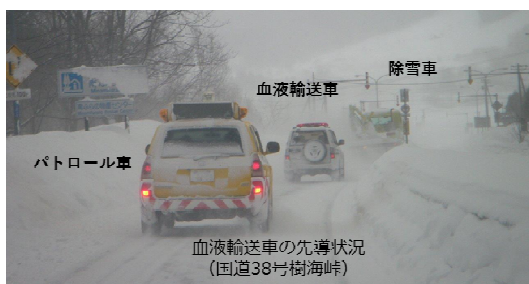


写真 3 血液輸送車の先導状況

4. 課題と対応

4.1. 課題

今回のスタック事例では、速やかに通行止めができるよう準備していたことから、立ち往生規模の拡大を最小限にとどめ、車両の救助や集中的な除雪により概ね数時間で立ち往生は解消することができた。この間滞留車両の乗員の安否確認や救援物資の準備や配布を行い、人命を守る取り組みを実施することができた。

一方で、本事例においても道内の東西をつなぐ複数の大動脈が同時に約 1 日半にわたり遮断され、社会生活や物流

に大きく影響した。近年、全国的に大雪により大規模に車両が滞留し、通行再開までに数日間を要したケースが多数発生している。こうした状況を受けて、平成 30 年 5 月に冬期道路交通確保対策検討委員会において「大雪時の道路交通確保対策 中間とりまとめ」が発表された。ここでは大雪時の道路交通確保に対する考え方の転換が示され、今後の考え方として、道路ネットワーク全体として大規模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を最小化」を目標として対応することが示された。この方針を受けた道路管理者等の新たな取り組みとして、以下が示されている。

IV 大雪時の道路交通確保に向けた新たな取り組み

1. 道路管理者等の取り組み

(1) ソフト的対応

- タイムライン（段階的な行動計画）の作成
- 除雪体制の強化
- 除雪作業を担う地域建設業の確保
- 除雪作業への協力体制の構築
- チェーン等の装着の徹底
- 集中的な大雪時の需要抑制
- 集中的な大雪時の予防的な通行規制・集中除雪の実施
- 立ち往生車両が発生した場合の迅速な対応

(2) ハード的対応

- 基幹的な道路ネットワークの強化
- 冬道を走行する際の準備

※大雪時の道路交通確保対策 中間とりまとめ 概要（冬期道路交通確保対策検討委員会）から抜粋

4.2. 平成 30 年度の取り組みと今後の方策

平成 30 年度の取り組みとして、気象予測を活用した段階的な行動計画（タイムライン）と重要幹線に除雪機械等を集中させる集中除雪、予防的な通行規制の導入を実施した（図 6）。具体的には、車両スタックの可能性が高まると想定される大雪についての基準降雪量（注意レベル・警戒レベル）を設定し、降雪量予測が基準に達した場合に通知を行った。これにより、関係機関が連携して速やかに行動することが可能と考えられる。また、周辺の道路管理者と連携して、重要幹線における路線の優先度に応じた段階的な通行規制や集中的な除雪を行うことで、道路交通の大動脈が同時に遮断される時間を短縮できると考えられる。

基準降雪量は、地域の気象特性や過去の大雪による交通障害発生状況に応じた値を設定した。図 7 に三の山・狩勝峠テレメータの 6 時間降雪量と車両スタック発生率の関係を示している。

タイムライン（段階的な行動計画の作成）（案）

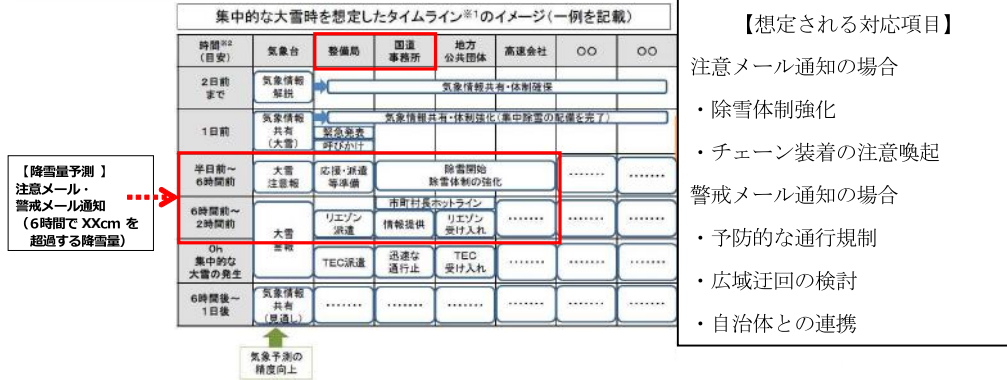


図 6 タイムラインと降雪量予測活用イメージ

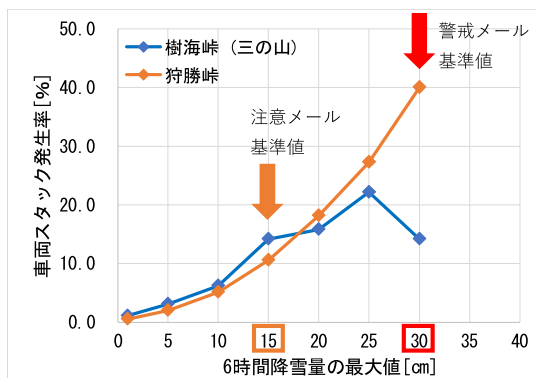


図 7 三の山・狩勝峠テレメータにおける降雪量と車両スタック発生率の関係（平成25～29年度）（平成30年度 道路情報管理 吹雪・降雪による車両スタック時の気象分析（一般財団法人道路管理技術センター）より）

樹海峠（三の山テレメータ）では、多量の降雪があるときに車両スタックが発生する危険性が高まり、6時間降雪量が15cm以上となる場合にはおよそ15%の確率で車両スタックが発生している。また、狩勝峠テレメータと狩勝峠周辺での結果では、6時間降雪量が30cm以上となる場合におよそ40%の確率で車両スタックが発生している。これらをもとに平成30年度は、基準降雪量を「6時間積算降雪量15センチ（注意）、30センチ（警戒）」とし、樹海峠に狩勝峠・石北峠・金山峠を加えた4地点を予測対象に、関係各所へのメール通知を行った（図8）。

平成30年度冬期の降雪量予測情報通知メールの通知実績は、4地点合計で注意メールが13回であった。また、警戒基準の30センチに達する事例はなく、警戒メールの通知数は0回であった。幸い平成30年度冬期には大規模な車両スタックの発生報告はなく、集中除雪や予防的な通行規制の発動もなかった。今後、データを蓄積することで、降雪量予測の精度向上を目指し、降雪量と車両スタック発生との関係性の分析も継続していく。

当開発建設部では、令和元年度以降も、降雪予測を活

R38樹海峠 通知基準値（平成30年度実施）

30cm/6hour：警戒
(車両スタック発生の可能性が高い)

15cm/6hour：注意
(車両スタック発生可能性がある)

●メール文面イメージ
件名：【警戒】降雪量予測（R38樹海峠）

今後6時間に基準値を上回る降雪量が予測されました。交通状況により、車両スタックが発生する可能性がありますので、ご注意ください。

6時間降雪量（予測値）：XXcm
発表 XX/XX 05:00
地点 R38樹海峠

詳しくは下記へ
<http://fitm.jp/...>

◆ 目先6時間の積算降雪量が基準値を超過した場合、メールが届きます。
◆ メールは、一回（ひとつづき）の降雪で、最初の1度だけ通知されます。

図 8 降雪量予測情報通知イメージ（道路管理者用）

用した除雪体制の強化と必要に応じて予防的な通行規制を実施する予定である。

このほか道路利用者への対応として、平成30年度より、スタック発生割合が非常に高い大型車両のドライバーや雪道に不慣れな観光客に対するチェーン装着の啓発（外国人ドライバー向け多言語のチラシ・指差しコミュニケーションツールの利用）や、メールやSNSによる情報発信の継続と利用促進に向けた取り組み（コミュニティFMを介した迅速な情報提供、プッシュ型の情報発信）を実施しており、今後も段階的に展開していく。

5. おわりに

近年、冬期の気象は、急速に発達する低気圧の接近、通過などによって激しさを増す傾向にある。平成30年度は集中除雪、予防的な通行規制に至る事象はなかったが、基準を上回る大雪の発生時、迅速かつ適切な対応ができるよう、除雪体制の強化と対応を想定しておく必要がある。当開発建設部においてもタイムライン充実するとともに、集中除雪や予防的な通行規制の体制整備、道路利用者への迅速な情報提供を行うことで、冬期交通確保に万全を尽くす所存である。

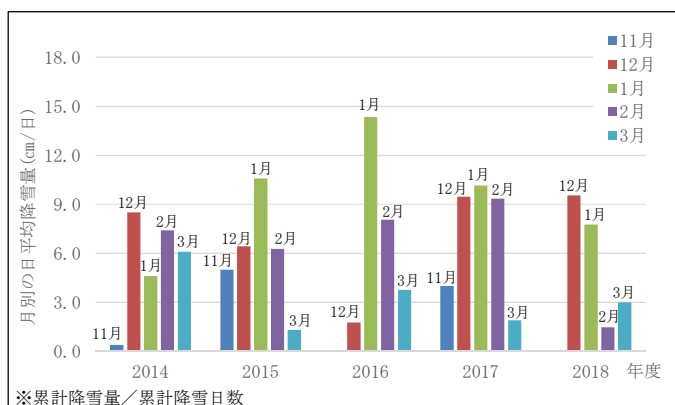


図4 月別の日平均降雪量

3. 冬期の交通確保に向けた取り組み

2018年2月に北陸地方で発生した記録的な大雪の影響により、当社の北陸自動車道（金沢支社管内）で長時間の通行止めとなったうえに、国道8号でも多くの滞留車両が発生するなど、社会的に大きな影響を与え、お客さまに大変ご迷惑をおかけしたことを踏まえ、2018年度雪氷期に向け会社全体で雪氷対策の強化を図った。

具体的には、お客さまへより早い段階で通行止め見込みなどの情報を適時適切に提供するとともに、道路ネットワーク機能の確保に向けた関係機関との連携強化、立ち往生車両を防ぐための除雪体制の強化・設備増強ならびに監視強化などを行った。

特に大雪時の取り組みの強化について、3点紹介する。

3. 1 関係機関との連携強化

大雪が予想される場合には、国・県・市町村の道路管理者や警察などと連携し、気象予測・道路状況・通行規制などの情報を共有し、道路ネットワーク機能の確保に向けた相互調整を行うことにより交通への影響を最小化するため、タイムライン（3日ほど前からの段階的な行動計画）を強化し、関係機関との連携強化を図った。

大雪に関する気象情報が発表された場合などにおいて、他の道路管理者や警察と相互に情報共有を行う連絡室が各国道事務所に設置され、気象情報や道路交通情報を共有するとともに、道路ネットワーク機能を確保するため広報や迂回ルートの確保、除雪強化箇所の選定、相互支援調整などの戦略を策定し取り組むこととし、タイムラインに反映した。

3. 2 通行止め時間の最小化

大型車をはじめとした立ち往生車両に起因する大規模な滞留が発生する前に、予防的通行規制（事前通行止め）を行い集中除雪により通行止め時間の最小化を図るべく、監視カメラの強化や自動時間降雪量計を設置するとともに、立ち往生車両が発生した際の速やかな救援を

目的とした救援車両の配備、降雪予測に応じた雪氷対策車両などの広域応援を行いやすくする体制の構築を図った。

気象予測により各HSCで保有する除雪機械の除雪能力を超える降雪があると判断した場合には、他のHSCや支社など自社内で保有する除雪機械の応援配置計画を速やかに策定するとともに、不足する場合は他の高速道路会社にも応援要請を行うスキームを構築するなどの体制強化を図った。

また、過去の大雪事象をもとに机上シミュレーションを実施し、前述した関係機関との連携強化も含め課題の抽出や改善を行うとともに、留意点などを取りまとめることで、より実効性のあるオペレーションに向けた準備を行った。

3. 3 チェーン規制の導入について

「道路ネットワーク機能への影響を最小化」することを目標とした取り組みの1つとして、チェーン規制制度が導入された。これは、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により通行止めを実施する場合でも、チェーン規制を実施しタイヤチェーンを着けていれば通行できるようにすることで、積雪による通行止め時間を従来より短くすることを目指したものである。（図5）

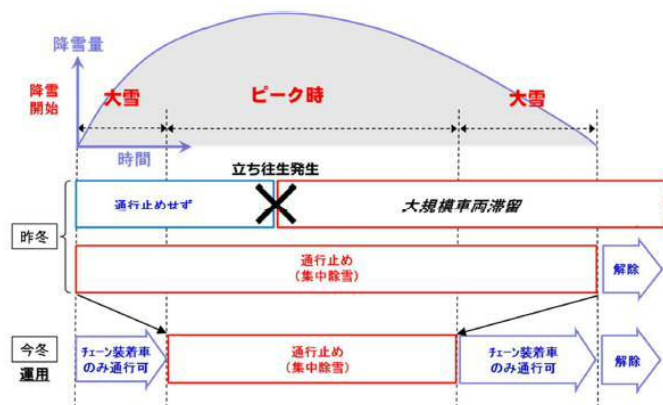


図5 チェーン規制の運用イメージ（国交省資料より）

急な上り下りがある峠など、過去に雪による立ち往生や通行止めが起こった場所の中で、タイヤチェーンを着脱できる場所や通行止めが解除されるまで待機できる場所がある区間が選定され、当社管内では4区間、名古屋支社管内においては中央自動車道の飯田山本IC～園原IC間で導入された。（表2・図6）

当該区間は、木曽山脈（中央アルプス）の最南端に位置する恵那山の麓を通過しており、道路の標高も約700mと高く降雪量が多い地域である。

また、東西交通とともに甲信越地方の観光地をも結ぶ

ネットワークを形成しており、平均断面交通量が1日約2万3千台、そのうち約9千台（約4割）が大型車であり、物流にとっても重要な区間といえる。

当該地域が大雪となっている場合でも観光者の居住地や物流の拠点となる地域では降雪が無いことも多く、冬道装備が十分とはいえない車両の往来があるため、大雪時に立ち往生車両が発生する可能性が高くなる。

表2 NEXCO中日本管内のチェーン規制導入区間

都道府県	道路名	区間	延長(km)
山梨県	中央自動車道	須玉IC～長坂IC	8.7
長野県	中央自動車道	飯田山本IC～園原IC	9.6
石川県、福井県	北陸自動車道	丸岡IC～加賀IC	17.8
福井県、滋賀県	北陸自動車道	木之本IC～今庄IC	44.7

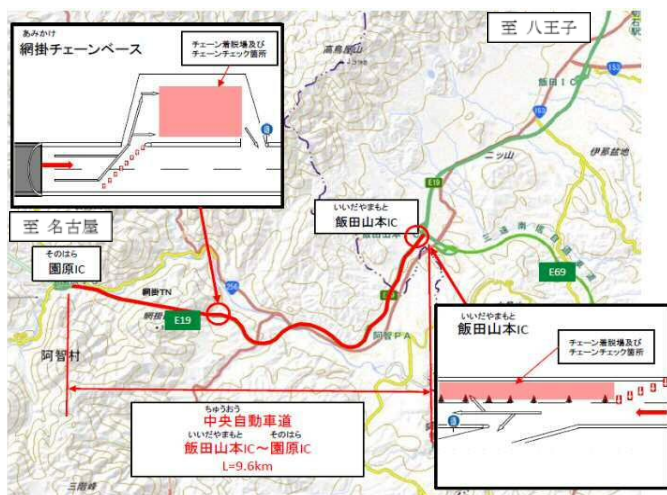


図6 チェーン規制導入区間（飯田山本IC～園原IC）

4. チェーン規制実施に向けて

従前、降雪時には必要に応じて冬用タイヤ規制（普通タイヤ+チェーン装着車、スタッドレスタイヤ装着車は通行可）を実施し交通を確保してきたところであるが、異例の降雪に伴いチェーン規制（全車チェーン装着）を実施する場合には、チェーン装着を必要とする車両が増えるため、冬用タイヤ規制に比べて装着時間が大幅に増加することで、大規模な渋滞発生が懸念される。大雪となっている地域で渋滞を発生させることは、立ち往生車両が発生する確率を上げることに繋がるため、これまで以上に迂回や交通量を抑制するためのお客さまへの情報提供を充実させるとともに、除雪作業やチェーンチェックなどの実施体制を強化する必要がある。

4.1 情報提供

従前から降雪予測をもとに、大雪3日前程度からホームページやiHighway中日本、ハイウェイラジオ、ハイウェイテレフォン、Twitterなどのほか、情報板や休憩施設

のデジタルサイネージ、並びに日本道路交通情報センター（JARTIC）の協力により、事前広報を行っている。

これに加え、昨冬期はWEB広告の展開やラジオCMでの啓発放送など雪道走行に関する安全啓発を新規に実施し、不要不急の外出を抑えることや広域迂回、並びに物流車両の運行計画の見直しなどについてお客さまや沿線地域の方々に向けた情報提供を行うこととした。

また、関係機関と調整のうえチェーン規制を実施する場合は、経路選択を要するジャンクション部などに設置する広域情報板で情報を提供することで、迂回を促すとともに、チェーン規制の実施対象区間の5つ手前のインターチェンジから情報板によりチェーン規制実施情報を案内し流出勧奨を行うことで、規制区間に向かう交通量を抑制（総量抑制）し、直近ICでの渋滞軽減を目的とした情報提供を計画した。（図7）

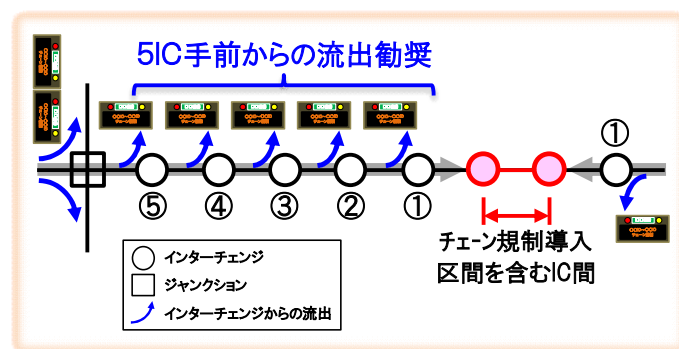


図7 情報板による情報提供のイメージ図

4.2 実施体制の構築

関係機関との合同による行動計画（タイムライン）の作成や各種情報を交換するなどの連携強化を図るとともに、対象区間手前でのチェーンチェック体制を構築した。



写真1 チェーンチェック実施状況イメージ①



写真2 チェーンチェック実施状況イメージ②



写真3 大型車のチェーン装着訓練実施状況

チェーン規制区間直近での大規模な渋滞や周辺地域の道路に交通混雑を生じさせないよう、降雪が少ない手前の休憩施設で全車を引き込みタイヤチェックとチェーン携行確認を行い、チェーン規制区間の先を目的地とするチェーン不携行の車両に対し、規制区間の手前でのUターンや広域迂回を案内するなど、前後の区間を含みオペレーションを行うこととした。(図8)

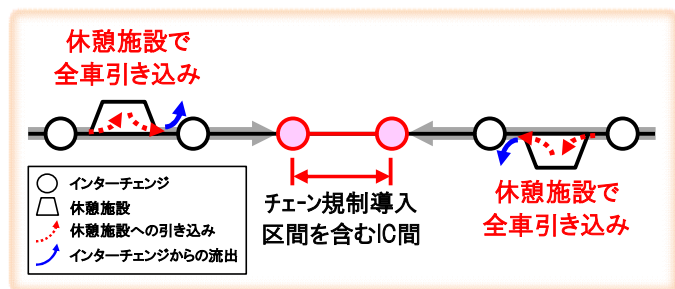


図8 休憩施設での全車引き込み確認のイメージ図



写真4 普通車のチェーン装着訓練実施状況

5. おわりに

幸いにも昨冬期はエルニーニョの影響もあり暖冬であったことから、名古屋支社管内では大雪による長時間通行止めはなく、また、チェーン規制を実施するに至らなかった。

今冬期に向け、関係機関と更なる連携強化を図りながら、道路ネットワーク機能への影響の最小化を目標に除雪体制の強化を推進するとともに、情報提供の充実と併せてお客さまにも万全の備えをして高速道路をご利用いただき一体となった冬期の交通確保に向けて安全啓発を行っていくなどソフト・ハードの両面から取り組んでいきたい。

また、当社保有の除雪車や巡回車などの維持管理車両にあっても、チェーン規制実施時に速やかにチェーンを装着し雪氷作業を継続できるよう、社員やグループ会社などの関係者を対象に訓練も行った。

現代において普通車はスタッドレスタイヤのみの装着が主流であり、自家用車でもチェーン装着を行ったことがない者が多いため有用な訓練となった。特に大型車へのチェーン装着はほとんど行う機会がなく、また、装着に時間を要することから、効率的に装着ができるようレッカー会社に講師を依頼し指導してもらうなど、異例の降雪に対する事前準備を行った。