

ETC2.0 データを活用した冬期交通状況のモニタリングについて

佐々木 優太*1 佐藤 優*1 松田 真宜*2

1. はじめに

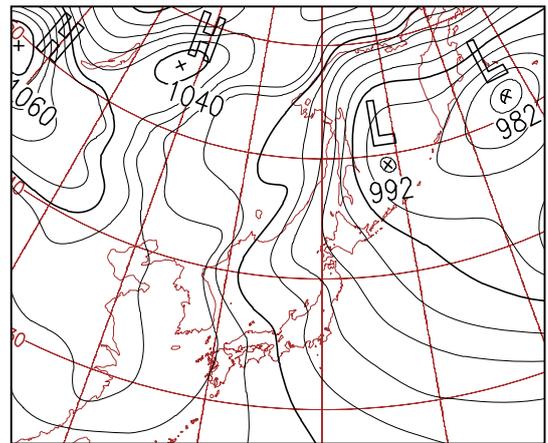
北海道内の市町村は、豪雪地帯対策特別措置法に基づき、国土交通大臣、総務大臣及び農林水産大臣が政令で定める「豪雪地帯」または「特別豪雪地帯」に指定されている。本稿で対象とする札幌市は、豪雪地帯に指定されており、年間の累積降雪量は4mを越え、図1に示すように、世界の100万人以上の都市で類を見ない降雪量となっている。

札幌市のような豪雪地帯において、都市の機能維持を図るためには、冬期の円滑な移動環境の確保が非常に重要である。しかしながら、近年では短時間に集中した降雪により、除排雪の能力を超え、札幌都市圏全体にわたる交通渋滞により公共交通ダイヤに大幅な乱れが発生し、市民生活や経済活動、観光客の行動に大きな影響を与えている。

このことから本稿では、円滑な冬期の交通行動の支援を念頭に、降雪による交通状況の変化を簡便な方法で面的に把握することを目的として、2022年2月に発生した2回の大雪時の気象データや、ETC2.0プローブデータから冬期の降雪と札幌市内の交通状況をモニタリングする手法を検討する。



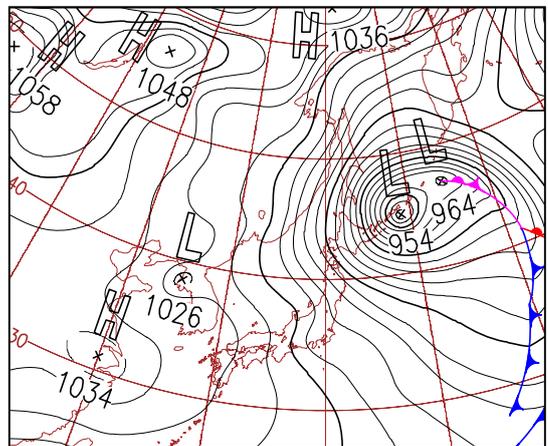
図1 世界の大都市における降雪量¹⁾



(a) 2022年2月6日の天気図²⁾

2. 2022年2月の大雪について

2022年2月は、札幌市において2回の大雪があった。図2にその大雪時の天気図を示す。1回目は2月5日(土)から6日(日)にかけて、西高東低の冬型の気圧配置(図2(a))により北海道の上空に強い寒気が流入し、石狩湾で発達した雪雲が5日(土)昼過ぎから6日(日)にかけて、札幌市を中心とした石狩地方へ断続的に流入し、局地的な大雪となった。2回目は2月20日(日)から23日(水)にかけて、急速に発達した低気圧が千島近海へ進み、北海道付近は強い冬型の気圧配置(図2(b))となった。このとき石狩地方では、北西の風により強い雪雲の流入が続き、大雪となった。図3は2022年2月の札幌管区気象台における積雪深と海面気圧の変化を示したものである。5日(土)から6日(日)にかけての大雪と、20日(日)から23日(水)にかけての大雪により、積雪深が著しく増加していることがわかる。大雪の影響により、札幌市内では道路脇への堆雪がみられ、車線幅員の減少や積雪による凹凸路面・凍結が発生した。このため図4に示すように、札幌市内の広範囲において交通渋滞が発生したほか、JR、バスの運休や大幅なダイヤの乱れも発生し、市民生活に大きな影響を与えた。



(b) 2022年2月21日の天気図²⁾

図2 大雪時の気圧配置

3. 広範囲なエリアでの交通状況の把握手法

3.1 MFDについて

降雪は広範囲のエリアにわたるため、交通への影響も広範囲となる。大雪時の交通状況は、時々刻々と変化する道路状況(堆雪や路面、視程)や交通量により変化することから、個別の場所での状況だけではなく、広範囲なエリアでの状

*1 国土交通省 北海道開発局 建設部 道路計画課 *2 株式会社 ドーコン 交通事業本部 交通部



図3 2022年2月における札幌管区気象台の積雪深と海面気圧の変化



図6 分析対象エリアの交通状況(2/22)



(a) 札幌市内での道路状況 (b) 歩道の状況

図4 2022年2月の大雪による影響

3.2 使用データについて

交通への影響把握のため、札幌管区気象台の気象データ(降雪量、積雪深、気温)を取得した。また、ETC2.0プローブデータから図6に示す分析対象エリアの交通量 Q (走行車両台数)、個別走行車両の平均速度 v_i を取得する。MFDは、縦軸に Q 、横軸に k (平均交通密度)をプロットするが、 k は、(1)式で計算する V (エリア全体の平均速度)を用いて、(2)式から計算を行った。

$$V = \frac{Q}{\sum_{i \in F} v_i} \quad (1)$$

$$k = \frac{Q}{V} \quad (2)$$

ここに、 v_i : 車両 i の平均速度 (km/h)

F : 分析対象エリアに存在する車両集合

Q : 分析対象エリアの交通量 (台/h)

V : 分析対象エリアの平均速度 (km/h)

k : 分析対象エリアの平均交通密度 (台/km)

一般的な交通状況の把握方法



ピンポイントの交通状況しか把握できない

MFDを活用した交通状況の把握方法



図5 MFDを活用した交通状況の把握方法

4. 大雪時の札幌都心エリアの状況

1回目の大雪は、図7に示すように、2月5日(土)夜間及び6日(日)午前の降雪量が多く、短時間の降雪が特徴となっている。また図8・9の交通量 Q と走行速度 V の関係より、6日(日)は7日(月)と比較し、6時から13時にかけての降雪によって、11時から23時頃の走行速度 V が15km/h以下となっており、降雪による長時間の速度低下が確認できる。

次に、計算により算出された6日(日)、7日(月)のMFDを図10・11に示す。6日(日)は、9時~12時台にMFD①の形状が緩やかとなったあとに、下側のMFD②にすり付く状態となっており、午前から午後にかけて道路パフォーマンスの低下が確認された。この変化に伴い、MFDのプロットされる点がループするヒステリシス・ループ(同一平均密度に対して複数の平均交通量が生じる現象)も確認できる。実際に、図12に示すとおり、札幌市内では同日15時頃に、堆雪による車両の速度低下が発生していたことから、MFDは

況把握に着目することとした。Daganzo³⁾らは広範囲なエリアの交通状況の把握のために、エリアで集計した交通量 Q (台/h)と交通密度 K (台/km)の関係からネットワークの交通状況を捉える巨視的な指標(Q と K をグラフでプロットしたもの)として、MFD(Macroscopic Fundamental Diagram)を提案している。図5に示すように、一般的な交通状況の把握としては、「断面」や「区間」を対象とするが、MFDは「面」を対象としており、都市全体で道路パフォーマンスが低下するような交通状況を理解することが可能な指標とされている。本稿においては、大雪時の交通状況の理解としてMFDを用い、札幌都心部の降雪と交通流の状態の把握を行う。

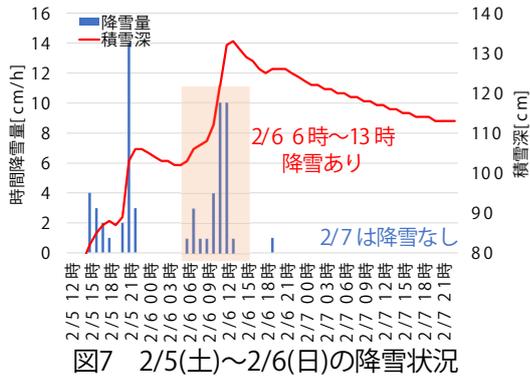


図7 2/5(土)~2/6(日)の降雪状況

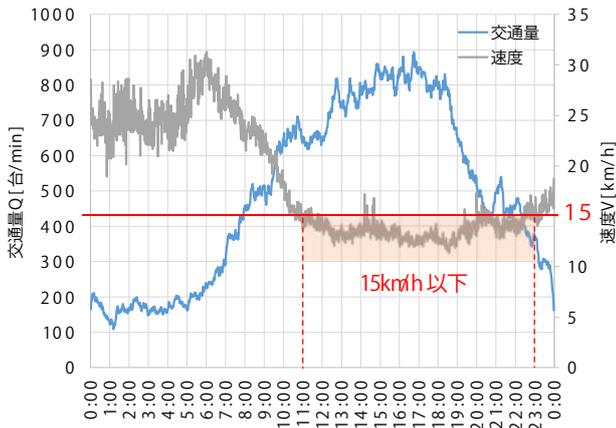


図8 2/6(日)の交通量Qと速度V

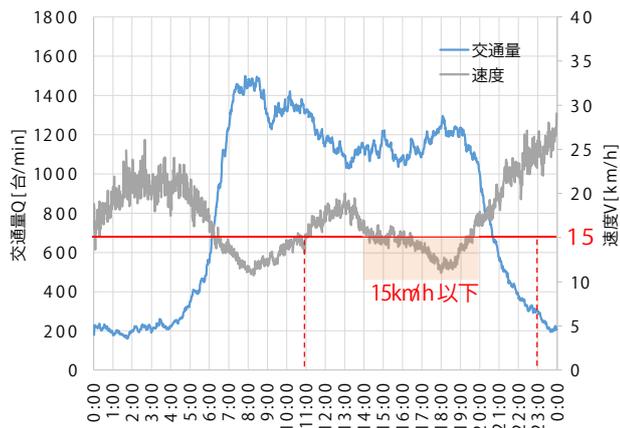


図9 2/7(月)の交通量Qと速度V

大雪時の交通状況を表現可能な指標の一つであると考えられる。また7日(月)においても、6時から8時過ぎ頃までは交通量Qの増加と走行速度Vの低下によりMFDは③で推移しており、図12のような交通状況が継続していたと考えられる。それ以降、走行速度Vの回復によりMFDが④へシフトしたものの、13時頃に再び走行速度Vが低下し、MFD⑤のように再び道路パフォーマンスが低下している。

2回目の大雪は、図13に示すように、2月20日(日)から23日(水)にかけて断続的な降雪により、積雪深も増加していることがわかる。また図14・15の、大雪の影響を受けていない14日(月)と大雪時の21日(月)の交通量Qと走行速度Vの関係より、出勤・帰宅時間外である12時~16時の交通量Qは、14日(月)で1,000~1,200台/min程度であるが、21日(月)は、900台/min程度に減少していることがわかる。

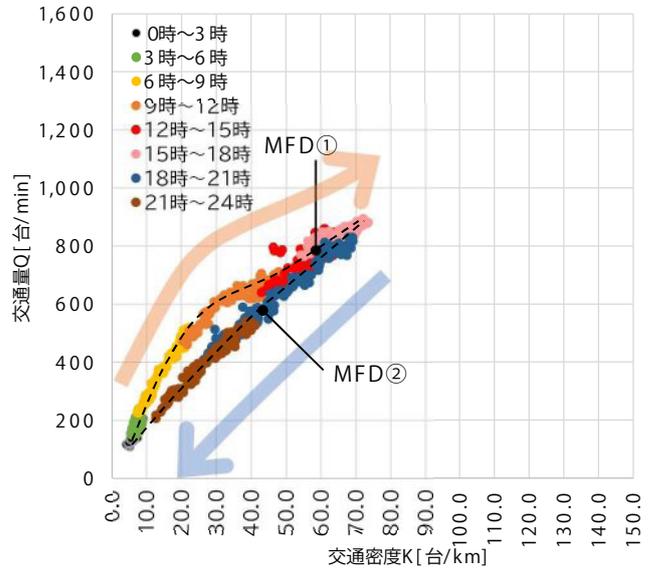


図10 2/6(日)のMFD

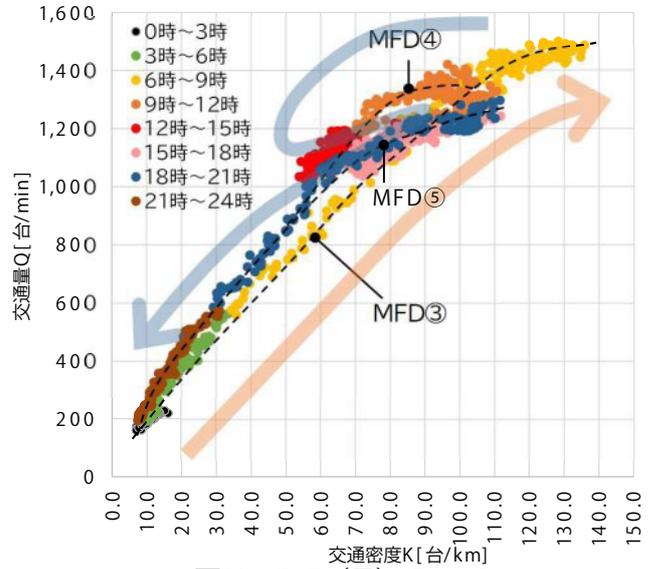


図11 2/7(月)のMFD



図12 堆雪による車両の速度低下 (2/6 15時 札幌市内)

次に、14日(月)と21日(月)のMFDを図16・17に示す。また両者のMFDの傾きを比較するため、線形近似にて近似式を導出した。その結果、21日(月)は、大雪の影響を受けていない14日(月)よりも傾きが小さく、エリア的に走行速度Vが低いことがわかる。また午前9時頃からMFDが⑨から⑩へ遷移し、道路パフォーマンスが向上したが、15時頃からの降雪によりMFDが⑪へ遷移し、再び道路パフォーマンスが低下している。このことより、平常時と大雪時の交通状況の差異についても、MFDにて把握可能であると考えられる。

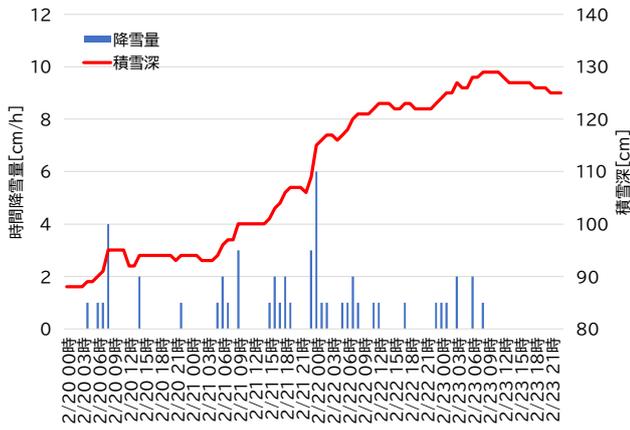


図13 2/20 (日) ~2/23 (水) の降雪状況

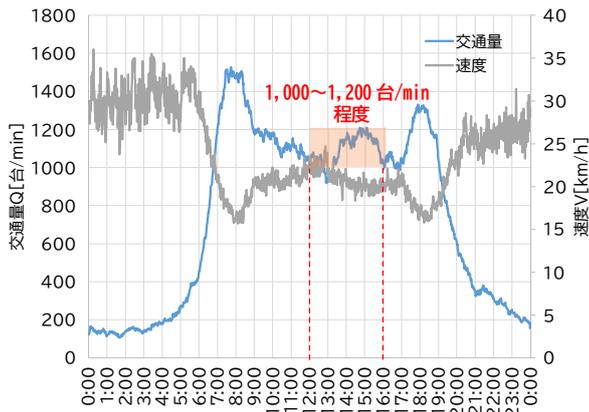


図14 2/14 (月) の交通量Qと速度V

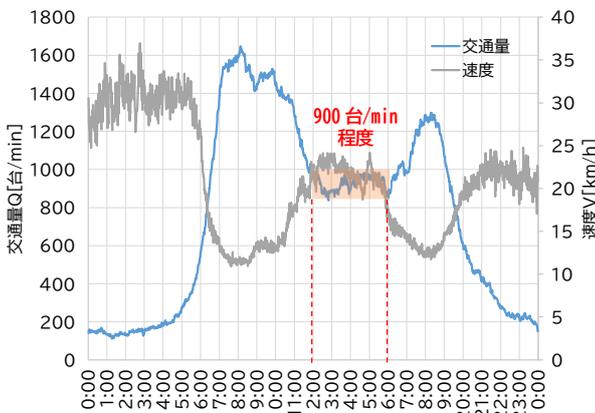


図15 2/21 (月) の交通量Qと速度V

5. まとめ

広範囲の大雪時の交通状況を把握する手法として、札幌市での2事例の大雪について、ETC2.0プローブデータを用いたMFDによる分析を試みた。その結果、札幌市内での大雪による交通状況について、ある程度の再現性を有していると推察された。MFDは、平均速度と平均交通密度のみを用いてエリアの交通状況を簡便に把握することができるため、リアルタイムな交通制御に繋がる有効な指標であると考えられる。例えば、札幌市内の走行車両台数が、市内に流入できる上限台数に達しないようにETC2.0プローブデータからリアルタイムにMFDを描画して交通状況のモニタリングを行うことで、都市全体が渋滞状態に陥る危険性がある場合

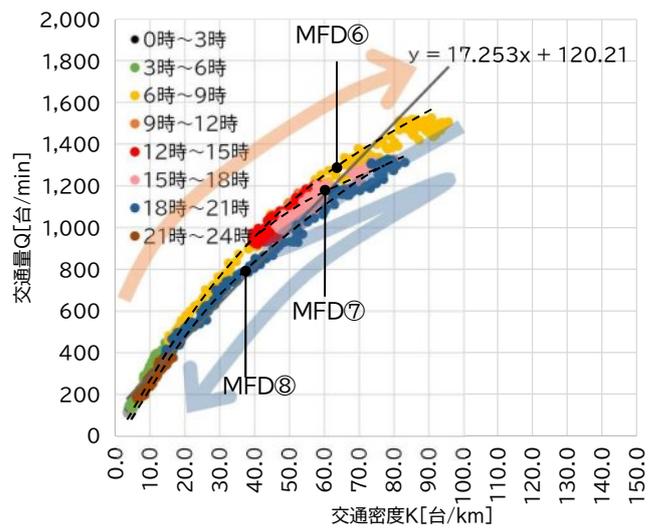


図16 2/14 (月) のMFD

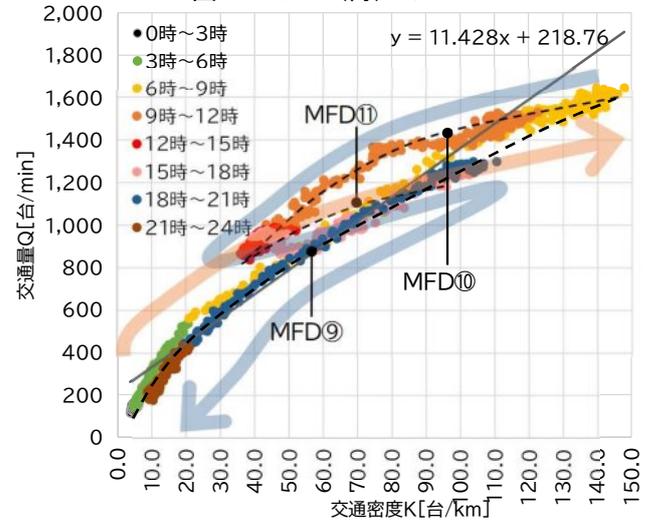


図17 2/21 (月) のMFD

に、行政側が不要不急の行動抑制を行うべきか判断する際の1指標になると考えられる。また、ETC2.0プローブデータは日々取得されることから、冬期の気象条件の良好日及び不良日のMFDデータを蓄積することにより、予想降雪量などの気象予想データを入力することで、エリア全体の交通状況に関する予測MFDが出力されるような、交通状況予測モデルを構築することが可能になると考えられる。これらの検討も含め、今後も都市全体の渋滞回避に向けて研鑽を行いたい。

参考文献

- 1) 札幌市：わたしたちの暮らしと雪、札幌市公式HP、https://www.city.sapporo.jp/kensetsu/yuki/kids/kids_seikatsu_2.html (2023年10月4日閲覧)
- 2) 気象庁：日々の天気図、No.241、2022.
- 3) Nikolas Geroliminis, Carlos F. Daganzo, Existence of urban-scale macroscopic fundamental diagrams: Some experimental findings, Transportation Research Part B 42 (2008) 759–770.

「道の駅」での冬期災害対応力の向上に資する取り組み —「道の駅」さるふつ公園での事例報告—

林 貴博* 1 石神 淑恵 白鳥 智久

1. はじめに

「道の駅」は、平成5年に制度が創設されており、四半世紀が経過している現在では、全国で1,209駅（令和5年8月末現在）、そのうち北海道では127の道の駅が設置されている。

国土交通省では、令和2年～令和7年を道の駅第3ステージとして、『地方創生・観光を加速する拠点』と『ネットワーク化で活力ある地域デザインにも貢献』をコンセプトに掲げ、令和7年に目指す以下の3つの姿に向けた取組が進められている（図1）。

1. 道の駅を世界ブランドへ
2. 新「防災道の駅」が全国の安心拠点に
3. あらゆる世代が活躍する舞台となる地域センターに

道の駅第3ステージにおける最重要の取組として、災害時に広域的な復旧・復興活動の拠点となる道の駅が「防災道の駅」に選定されている。防災道の駅に関する具体的な選定要件については、1. 「都道府県が策定する広域的な防災計画及び新広域道路交通計画に広域的な防災拠点として位置付けられていること」、2. 「災害時に求められる機能に応じて施設・体制が整っていること（①建物の耐震化、無停電化、通信や水の確保等、②2,500㎡以上の駐車場、③BCP（業務継続計画）の策定）」、3. 「2が整っていない場合は今後2年程度で必要な機能、施設・体制を整えるための具体的な計画があること」となっている¹⁾

北海道では令和3年6月に、道の駅「てしお」（天塩町）、道の駅「ニセコビュープラザ」（ニセコ町）、道の駅「さるふつ公園」（猿払村）、道の駅「厚岸グルメパーク」（厚岸町）の4箇所が防災道の駅に選定されている。



図1 「道の駅」第3ステージの主な取組み

本稿では、北海道で選定された4箇所の道の駅のうち、宗谷管内の選定箇所である道の駅「さるふつ公園」（以下、当駅）に着目し、防災道の駅として防災機能の向上を図るために実施した取組状況について報告するものである。

2. 道の駅「さるふつ公園」について

2.1. 道の駅「さるふつ公園」の概要

当駅は、猿払村の国道238号沿線に位置し、平成10年4月17日に北海道で54番目に登録された道の駅である（図2）。

当駅は、広大な敷地に宿泊施設、公衆浴場、キャンプ場、パークゴルフ場、飲食店、土産店など多数の施設があり、宿泊施設内には、猿払村産の牛乳やホタテの販売、レストランではホタテや魚介類を使ったメニューを提供している。猿払村のシンボル「風雪の塔」や「インディギルカ慰霊碑」など観光スポットもある施設となっている。

当駅の駐車場は面積が約4,000㎡あり、重要物流道路である国道238号に接続している。立地としては災害ハザートの区域外であることから、災害リスクの低い立地である。

また、当駅は、耐震化、無停電化、停電時にも使用できる通信機器等の通信設備、貯水タンク、防災トイレ、防災倉庫等の施設が整備済みであり、道の駅が道路管理者と結ぶ災害協定や防災訓練、感染症対策等の体制が整っていることから、ハード・ソフトの両面で防災機能に優れている道の駅である。

2.2. 「防災道の駅」の選定理由

当駅は、北海道縦貫自動車道 豊富北ICに近く、地域



図2 道の駅「さるふつ公園」位置図

中心都市である稚内市が津波による浸水被害を受けた場合でも宗谷地域全体をカバーすることが可能である。また、周辺のヘリポート、自衛隊駐屯地からのアクセスに優れ自衛隊等の復旧・復興活動拠点として最適、かつオホーツク沿岸地震など切迫する災害リスクにも対応可能であることから、「防災道の駅」に選定されている。

当駅が防災道の駅として行った令和 4 年度取組のうち、BCP の策定、防災資機材の配備、防災訓練の実施の取組状況について、以降の章で述べることにする。

3. 道の駅 BCP（業務継続計画）の策定

3.1. 道の駅 BCP とは

道の駅 BCP とは、災害が起きた際、道の駅が防災拠点機能を適切に発揮しつつ生活拠点機能の早期再開を目指すために、発災時に道の駅が優先して実施すべき業務を明確にし、その業務を確実に実施できるよう、あらかじめ事前準備や体制等を整理したものである。

3.2. 道の駅「さるふつ公園」BCP の策定経緯

当駅は、公園全体が道の駅に指定され、猿払村住民の憩いの場であるとともに猿払村の観光拠点となっている。また、猿払村地域防災計画において、指定緊急避難場所に指定されていることから、道の駅が有する防災拠点機能を的確に発揮し、災害時における村民や道路利用者等の避難支援を行うことが求められている。これにより、避難支援を確実に実施できるようにあらかじめ準備を整えておくことが重要であることから、道の駅 BCP（業務継続計画）を作成する必要がある。

当駅の道の駅 BCP は、猿払村地域防災計画及び猿払村業務継続計画に定められた災害応急対策業務を含む非常時優先業務で示されていない当駅で実施すべき、災害時における村民や道路利用者等の避難者に対する避難生活の支援内容を明確にしたものである。²⁾

3.3. 道の駅 BCP の検討内容

内容の構成については、国が公表しているガイドラインやマニュアルに基づき、「事前取組に係る基本指針の設定や運用体制の検討、危険事象・被害想定、重要業務の抽出」と「重要業務と行動計画に係る重要業務の開始目標時間の設定や実施体制、行動計画を策定する」。

特に、大規模災害時の制約を伴う状況下においても重要業務を迅速かつ円滑に発揮することが求められるため、優先的に実施すべき業務を時系列で絞り込み、行動フローとして整理を行う（初動対応、応急対策活動、事業再開への取組、感染症の予防や拡大防止対策）（図 3）。

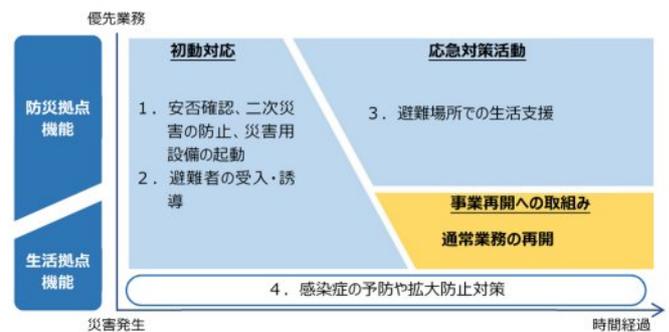


図 3 重要業務の抽出
【発災時における「道の駅」重要業務の項目】

3.4. 道の駅 BCP の発動と解除

道の駅 BCP の発動基準と解除基準は以下のとおりである。

【発動基準】

- ・村内で震度 5 強以上の地震が発生し、災害対策本部が設置されるとともに、村内で甚大な被害が生じた場合
- ・津波注意報等の津波に関する情報が発表され、国道 238 号の通行が困難になった場合
- ・暴風雪警報が発表され、国道 238 号の通行が困難になった場合
- ・猿払村長が B C P の発動が必要と認めた場合

【発動権限者】

- ・発動権限者は、猿払村長を基本
- ・発動後の業務対応責任者は、猿払村産業課長を基本

【発動解除基準】

- ・発動権限者は、道の駅 BCP の発動の必要がなくなつたと判断した場合

3.5. 防災資機材の配備

猿払村地域防災計画に位置付けられた当駅において、無停電対策や防災トイレ、衛星携帯電話の整備を進めてきており、防災資機材を配備している（写真 1）。また、防災訓練プログラムを作成するとともに防災資機材に関するマニュアル類を作成した（図 4）。



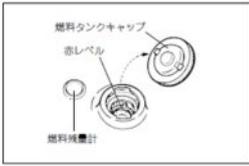
写真 1 道の駅に配備されている発動発電機

1.給油



①燃料（自動車用レギュラーガソリン）の給油

燃料タンクを外し、燃料（自動車用レギュラーガソリン）を赤レベルまで給油します。



燃料タンク容量
12.0L（赤レベルまで）
使用燃料
自動車用レギュラーガソリン

②エンジンオイルの給油

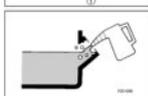
1. スクリュー①をゆるめて、エンジンオイル点検カバー②を取り外します。



2. オイルプラグ①を取り外します。



3. エンジンオイルを規定量（注入口の口元まで）給油します。



エンジンオイル規定量：0.6L
使用オイル：4サイクルガソリンエンジンオイル API分類SE級以上
SAE 10Wまたは10W-40

資料：株式会社内務社

図 4 防災資機材に関するマニュアル（発動発電機）

4. 防災訓練の実施

防災道の駅としての機能の確認や道の駅 BCP の検証を目的として、災害時における迅速な救援・救助、復旧を可能にするための防災訓練を実施した。

当駅の防災訓練の概要を以下に示す。

4.1. 実施概要

暴風雪時における一般待機車両を道の駅まで誘導するとともに、避難場所として道の駅 BCP を検証すること、また、道の駅における各種防災資機材の点検・使用訓練を行うことを目的とし、以下のとおり実施した。

日時：令和4年12月6日（火）13時～15時

実施場所：猿払パーキングシェルター、当駅

参加者：猿払村、道の駅施設管理者、国道維持業者、
稚内開発建設部

実施した訓練内容は（表 1）の通りである。

4.2. 実施結果

(1) 車両誘導・避難訓練（待機車両の誘導）

待機車両の誘導の訓練では、以下のシナリオに沿って実施した。

- ①暴風雪の中、猿払パーキングシェルターにて待機車両が数台待機していることを道路パトロール車が発見する。

表 1 訓練内容

プログラム	内容
1	主旨説明
2	車両誘導・避難訓練
3	待機車両の誘導
4	避難者の受入れ・誘導
5	避難場所での生活支援
6	防災資機材の使用訓練
7	防災拠点自動車駐車場の確保・標識掲示等
8	振り返り
9	アンケート調査



写真 2 待機車両の誘導訓練の様子

- ②暴風雪がしばらく止む様子もなく、より安全な道の駅へ避難させるため、関係機関間において、道の駅での待機車両の受入れについて連絡調整する。
- ③道路パトロール車が先導し、待機車両を道の駅へ避難誘導する。（写真 2）

(2) 車両誘導・避難訓練（避難者の受入れ・誘導）

避難者の受入れ・誘導の訓練では、以下のシナリオに沿って実施した。

- ①猿払村から道の駅管理者へ、避難場所の開設準備を連絡する。
- ②道の駅管理者は、ホテル内の受付場所、避難スペース（1階・2階）、車中避難者専用駐車スペースを確保する。
- ③道路パトロールカーに先導されてきた待機車両が到着する。



写真 3 待機車両の避難の様子（上）避難者の受入の様子（下）

④道の駅管理者は、一般待機車両の避難場所を確認し、ホテルまたは車中避難専用駐車スペースへ誘導する。(写真 3)

(3) 車両誘導・避難訓練(避難場所での生活支援)
避難場所での生活支援の訓練では、以下のシナリオに沿って実施した。

①道の駅管理者は、ホテル避難者及び車中避難者の健康状態等を確認する。(写真 4)

②道の駅管理者は、毛布・飲料水等備蓄品を提供する。

(4) 防災資機材の使用訓練

防災資機材の使用訓練では、防災トイレ、発動発電機、投光器、衛星携帯電話、防災拠点自動車駐車場の標識を実際に使用・設置し訓練を実施した。(写真 5)

(5) アンケートによる振り返り

防災訓練参加者を対象とした振り返りのアンケート調査を実施した。

アンケート結果から、今回実施したような災害時の対応フローを把握するような大規模な訓練のほか、防災資機材の使用訓練などは小規模な訓練が有効であるといった意見が挙げられた。



写真 4 避難場所での生活支援訓練の様子



写真 5 防災資機材の使用訓練の様子

そのほか、防災訓練参加者の意見から災害発生時の対応として道路管理者・道の駅管理者それぞれに対し、以下に示す2点の課題が明らかとなった。

(a) 緊急時の連絡体制の見直し

車両の避難連絡の訓練では一連の取組を確認できたが、迅速さを確保するため、猿払村役場内の連絡体制を省略し道の駅管理者に直接連絡が届く方がよいという意見が挙げられた。

緊急時においては、輸送ルートの確保が求められるため早急な車両誘導、また車中避難者の安全確保を優先すべきであることから、連絡体制の簡略化も検討する必要がある。

(b) 関係機関連携による体制づくり強化

特に冬期災害においては、天候の急激な悪化により二次災害が発生しやすく迅速な対応が求められるため、迅速な車両誘導や情報提供を行う体制づくりが課題となることが明らかとなった。

道路管理者・道の駅管理者などの関係機関が相互に連携し、連絡体制や人員の確保を実施することで、二次災害の防止、避難者の生活支援の拡充が可能となる。

5. まとめ

道の駅「さるふつ公園」は北海道で4箇所のみ「防災道の駅」に選定され、BCPの策定や防災資機材の配備、防災訓練等に取り組んだ。

6. 今後に向けて

令和5年3月に公表された道の駅「さるふつ公園」事業継続計画(BCP)には、継続的な取組を図るための計画が示されており、道の駅BCPの定期的な見直し、定期的な研修や防災訓練の実施等が重要である。定期的な訓練等を通じた検証を行い、継続的な計画の改善に取り組む必要がある。

また、令和4年12月に実施した防災訓練で明確となった課題に対し、道路管理者・道の駅管理者それぞれが緊急時の連絡体制の見直しや関係機関連携による体制づくり強化に取り組む必要がある。

参考文献

- 1) 安藤 彰,小林 孝士,新井田 勇二:北海道における「道の駅」の防災機能強化について―「防災道の駅」をはじめとする各種防災機能の向上―,第66回(2022年度)北海道開発技術研究発表会論文
<https://www.hkd.mlit.go.jp/ky/jg/gijyutu/slo5pa000000vmen-att/slo5pa000000vv4y.pdf>
- 2) 猿払村:「道の駅」さるふつ公園 事業継続計画(BCP)
<https://www.vill.sarufutsu.hokkaido.jp/hotnews/files/00004000/00004096/20230308164129.pdf>

冬季オホーツク海の海水減少が引き起こす波の増大

岩崎慎介* 1

1.はじめに

気候変動下におけるオホーツク海の年最大海氷面積は、10年あたり3.5%減少していると報告されており (https://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/shindan/a_1/series_okhotsk/series_okhotsk.html)、今後も減少することが予想されている¹⁾。海氷は波浪を減衰させる効果を持つことから、海を浮遊する自然の防波堤としての役割があると言われている。そのため、海氷減少により波浪の増大やそれに伴う様々な災害の多発が懸念されている。しかし、オホーツク海の長期的な波浪変化に着目した研究例はほとんどなく、同海域における長期的な波浪変化や、その原因について、よく分かっていなかった。

このような背景のもと、当チームでは、これまでオホーツク海の波浪に着目し、様々な研究を行ってきた²⁻⁶⁾。本論文は、Iwasaki (2023)⁶⁾の内容をもとに、オホーツク海における波パワーの長期トレンドとその要因についての結果を提供するものである。詳細は、原論文⁶⁾を参照願いたい。

2.方法

本研究では、WAVEWATCH III (WW3) ver.6.07⁷⁾のone-way ネスティングを用いて2つの領域(領域1:42°-63°N, 135°-165°E, 領域2:43°-48°N, 141.5°-146°E)で波浪計算を行った。海水域のアルゴリズムは、既往研究^{2,3)}の結果に従い、Meylan et al. (2014)⁸⁾の手法を用いた。また、発達・散逸のソース項にはST6を適用した。空間解像度は、領域1が0.25°で、領域2が0.08°である。国土交通省港湾局提供の波浪観測(NOWPHAS)との比較では領域2のモデル結果を用いている。周波数解像度は0.035から1.1Hzを対数的に30分割し、方向解像度は10°としている。また、海岸線・海底地形にはGEBCO2020を用いた。

現実の波浪を再現するために3種類の再解析データ^{*1}(JRA55⁹⁾, ERA5¹⁰⁾, MERRA2¹¹⁾)から提供されている海上風と海氷を用いて、3ケースの波浪計算を過去40年間(1981年9月初めから2021年8月末まで)で実施した(標準実験)。ただJRA55では海氷が提供されていないため、代わりにNOAA^{12,13)}のものを使用した。また、波浪の長期変動に対する海上風と海氷の影響を見るために、海氷の長期変動を除去した計算(海氷気候値実験)も3ケー

ス行った。海氷気候実験では、海上風は標準実験と同様にオリジナルのデータを用いているが、海氷は気候学的にのみ変化するデータを使用している。本研究では、海氷気候値実験は海上風の効果による長期的な波浪変化とし、海氷の効果による波浪変化は、標準実験と海氷気候値実験の差と考えた。

3.結果

3.1 波パワーのトレンド

すべての標準実験の結果から、オホーツク海で平均した波パワーは、冬季の間(12-2月)、顕著に増加していることがわかる(図1)。

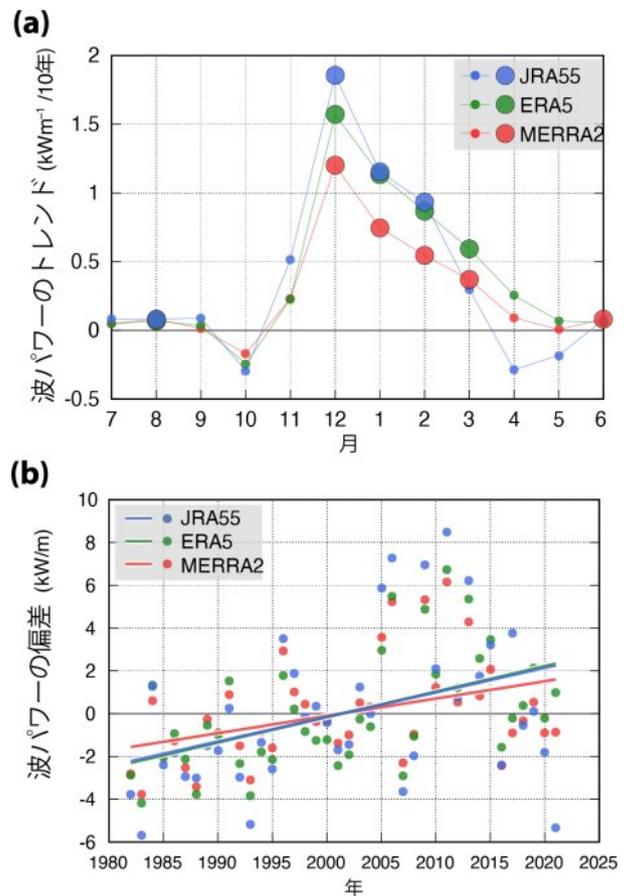


図1 (a)オホーツク海における月毎の波パワーの長トレンド。大きい円は統計的に有意(90%)なトレンドを意味する。(b)冬季(12-2月)のオホーツク海における波パワー偏差(冬季平均一気候値)の時間変化とその回帰直線。標準実験から得られた結果。

* 1 寒地土木研究所寒地水圏研究グループ寒冷沿岸域チーム

また、波パワーのトレンド値は場所によって異なるものの、その傾向はほとんどの領域で正の値を示す(図2)。オホーツク海の領域全体で平均すると、波パワーは10年間で約12~15%の割合で増加していることが明らかになった(表1)。なお、冬季における波パワーの増加傾向は、北海道沿岸域に位置する波浪観測結果(NOWPHAS)からも確認できた(図は省略)。

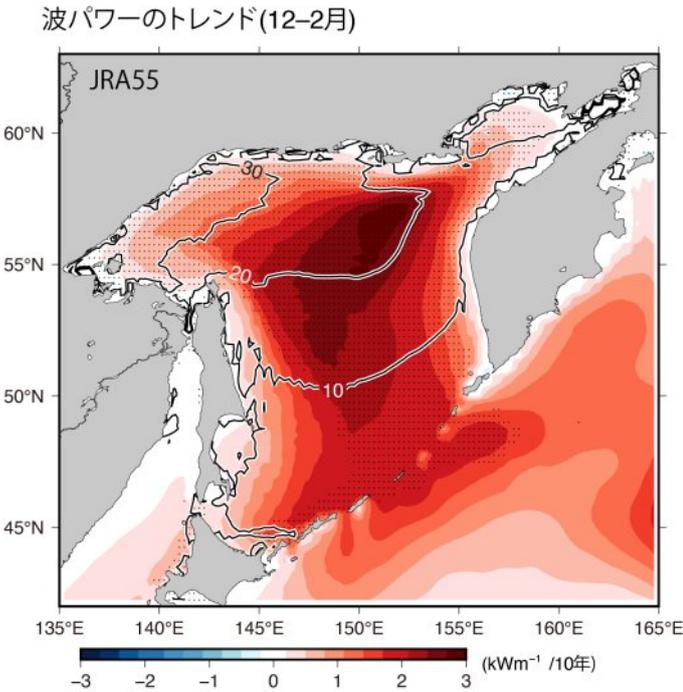


図2 JRA55の標準実験から得られた冬季(12-2月)における波パワーの長期トレンド。コンターはトレンドの割合(%/10年)を示す。点描は統計的に有意(95%)な領域を意味する。

表1 冬季オホーツク海における波パワーのトレンド

	トレンド[kW m ⁻¹ /10年]	割合 [%/10年]
JRA55	1.31	12.7
ERA5	1.19	15.3
MERRA2	0.83	12.1

3.2 風速と海水の寄与

この波パワーの増加要因として、海水減少による波浪減衰効果の低下」だけでなく「海上風増加による波浪の発達」の効果が挙げられる。事実、データセット間に定

量的な差はあるものの、海水の減少に加えて風速の増加が全てのデータから確認できる(表2)。

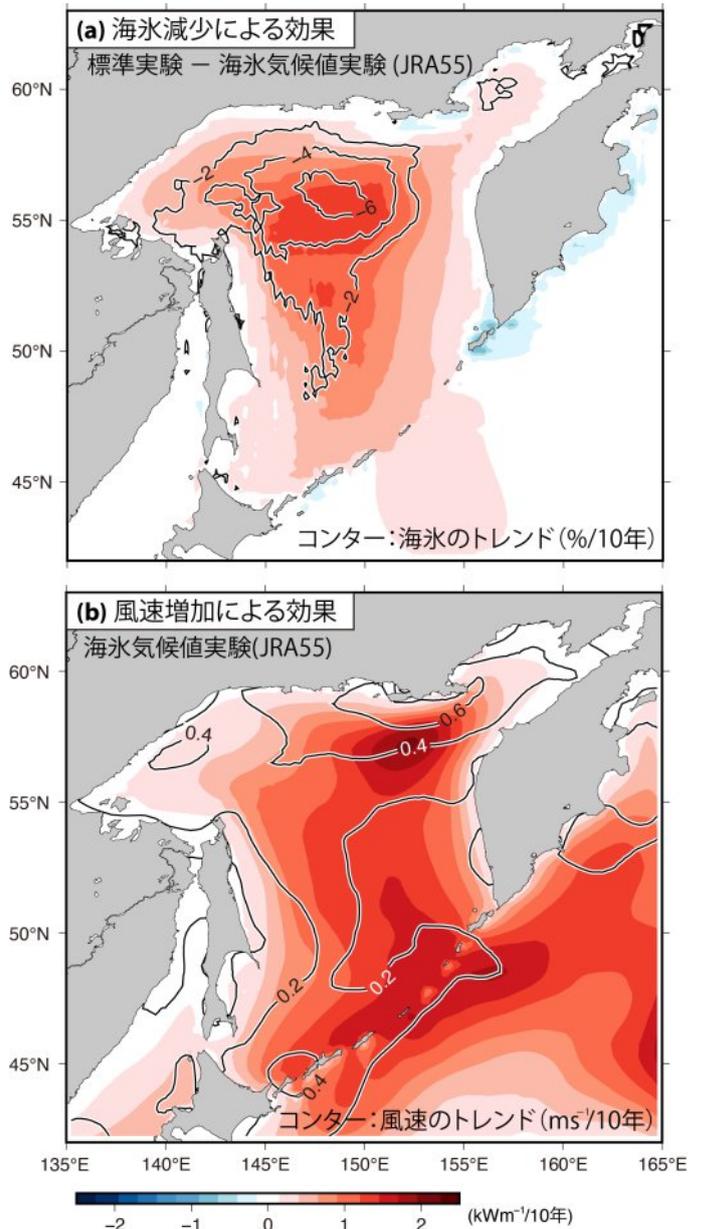


図3 冬季における(a)海水と(b)風速の変化による波パワーの長期トレンド(カラー)。コンターは(a)海水密度度(%/10年)と(b)風速(ms⁻¹/10年)の長期トレンド。JRA55による標準実験と海水気候値実験から得られた結果。海水と風速のトレンド値は、それぞれNOAAによる衛星データとJRA55による再解析データから計算した。

表2 風速と海水面積のトレンド(12-2月)。括弧内は(%/10年)。

	風速 [ms ⁻¹ /10年]	海水面積 [×10 ⁴ km ² /10年]
JRA55, NOAA OI	0.27 (3.21)	-1.26 (-3.52)
ERA5	0.17 (2.11)	-4.65 (-10.73)
MERRA2	0.14 (1.73)	-2.45 (-6.79)

表 3 波パワーのトレンド (12-2月) . ↓風速の効果 ↓海氷の 効果

	海氷気候値実験 [kWm ⁻¹ /10年]	標準実験 - 海氷気候値実験 [kWm ⁻¹ /10年]
JRA55	0.81	0.5
ERA5	0.5	0.69
MERRA2	0.36	0.47

この2つの効果による波パワーの変化を見るために、標準実験と海氷気候値実験を解析した。その結果、波パワー増加の領域は海氷減少と風速増加の領域とそれぞれ一致していることが分かる (図 3; 特に海氷減少の領域)。ただ、オホーツク海全域で平均すると、海氷減少と海上風増加の両方ともに波パワーの増加に寄与しているものの、両者の値は使用するデータによって異なる (表 3)。JRA55 は風速の効果が大きい、ERA5 と MERRA2 は海氷の影響が大きい。

3.3 海氷減少による風速の増加

ここまで、波浪に対する風速と海氷の影響を分けて評価してきたが、海氷減少は、大気海洋相互作用を通じて海上風の増加にも関わっている¹⁴⁾。実際に冬季オホーツク海において、風速と海氷には有意な負の相関が見られる (図 4a)。その結果、それぞれの影響を切り分けた波パワーにも高い正の相関が確認できる (図 4b)。このような海氷減少による風速の増加は、以下のようなメカニズムから説明できる。海氷の減少は、直上の海面気圧を低下させる (図 5a)。そして、その周辺における海面気圧の空間勾配を強めることで、風速も増加させることが分かる (図 5b)。この結果から、海氷の減少は、「直接的な波浪減衰効果の低下」に加えて、「海上風増加による波浪の発達」にも間接的に寄与することがわかった。すなわち、海氷減少が、冬季における波パワー増大の主な原因であることが示された。なお、図 2, 3, 5 では JRA55 による結果を示しているが、他のモデル計算でも同様の結果が得られている。

4.まとめと今後

本研究では、過去 40 年間における波浪シミュレーションから、オホーツク海の波パワーの長期トレンドとその要因を調べた。その結果、オホーツク海における波パワーは 10 年あたり 12~15%で増加していることが分かった。また、波パワー増加には、海氷の減少と海上風の増加が影響していること、さらに、その海上風の増加も、海氷の減少により生じていることを解明した。この結果は、海氷減少が、冬季における波パワー増加トレンドの主な要因であることを提示している。

温暖化進行によるオホーツク海の家氷減少は、これか

らも継続することが予想され、沿岸域における被災事例の多発が懸念される。今後は、最新の気候モデルや、当チームで培ってきたオホーツク海に適した数値モデルを駆使し、当該海域における波浪の将来変化に取り組む。

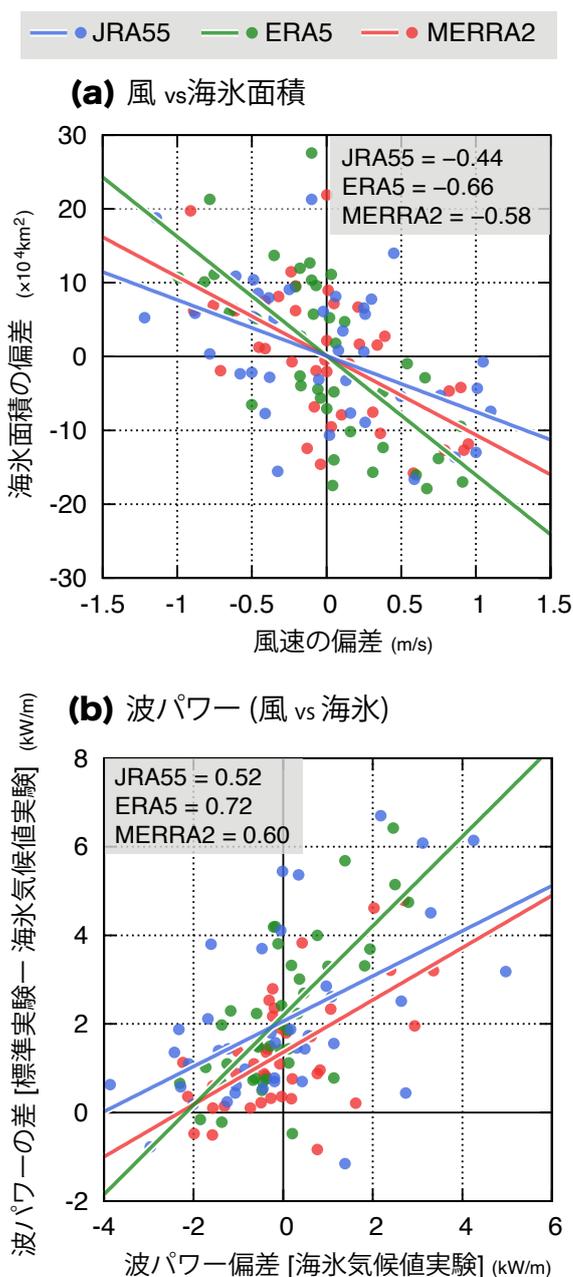


図 4 (a) 冬季(12-2月)における海上風と海氷の経年変動の関係. (b) (a)と同様であるが、波パワーの関係. 凡例の数値は相関係数を示す. 直線はそれぞれのデータに対する回帰直線を示す.

AO)によるMERRA2の3種類の再解析データを使用した。

参考文献

- 1) 文部科学省・気象庁：日本の気候変動2020，2020.
- 2) Iwasaki, S., Otsuka, J.: Evaluation of wave-ice parameterization models in WAVEWATCH III along the coastal area of the sea of Okhotsk during winter, *Front. Mar. Sci.*, 8, <https://doi.org/10.3389/fmars.2021.713784>, 2021.
- 3) 岩崎慎介, 大塚淳一: 冬季オホーツク海の水氷域における波浪モデルの評価, 寒地土木研究所月報, No. 833, pp.41- 47, 2022.
- 4) Iwasaki, S.: Role of sea ice on winter wave power and its interannual variability in the Sea of Okhotsk: Natural breakwater modified by surface wind changes, *Prog. Oceano.*, 210, <https://doi.org/10.1016/j.poccean.2022.102944>, 2023.
- 5) 岩崎慎介, 大塚淳一, 酒井和彦: オホーツク海における「うねり性波浪」の特性 — 冬季・海氷が果たす役割 —, 第66回(2022年度)北海道開発技術研究発表会, 防32, 2023.
- 6) Iwasaki, S.: Increase in wave power caused by decreasing sea ice over the Sea of Okhotsk in winter, *Sci. Rep.*, 13:2539, <https://doi.org/10.1038/s41598-023-29692-9>, 2023.
- 7) WAVEWATCH III Development Group (WW3DG): User Manual and System Documentation of WAVEWATCH III Version 6.07, Technical Note 333, NOAA/NWS/NCEP/MMAB pp.465,2019.
- 8) Meylan, M., Bennetts, L. G., Kohout, A.L.: In situ measurements and analysis of ocean waves in the Antarctic marginal ice zone, *Geophys. Res. Lett.*, 41, 5046-5051. <https://doi.org/10.1002/2014GL060809>, 2014.
- 9) Kobayashi, S. *et al.* : The JRA-55 reanalysis: general specifications and basic characteristics, *J. Meteorol. Soc. Jpn.*, Ser.II93,5-48, <https://doi.org/10.2151/jmsj.2015-001>, 2015.
- 10) Hersbach, H. *et al.* : The ERA5 global reanalysis. *Q. J. R. Meteorol. Soc.*, 16646(730), 1999-2049, 2020.
- 11) Gelaro, R. *et al.* : The modern-era retrospective analysis for research and applications, version 2 (MERRA 2). *J. Clim.*, 30,5419-5454, <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-16-0758.1>, 2017.
- 12) Huang, B. *et al.* : Improvements of the Daily Optimum Interpolation Sea Surface Temperature (DOISST) Version 2. *J. Clim.*, 34, 2923-2939, <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-20-0166.1>, 2021.
- 13) Reynolds, R. *et al.*: Daily high-resolution-blended analyses for sea surface temperature, *J. Clim.*, 20, 5473-5496, 2017.
- 14) Alkama, R. *et al.* : Wind amplifies the polar sea ice retreat. *Environ. Res. Lett.*, 15(12), 124022, <https://doi.org/10.1088/1748-9326/abc379>, 2020.

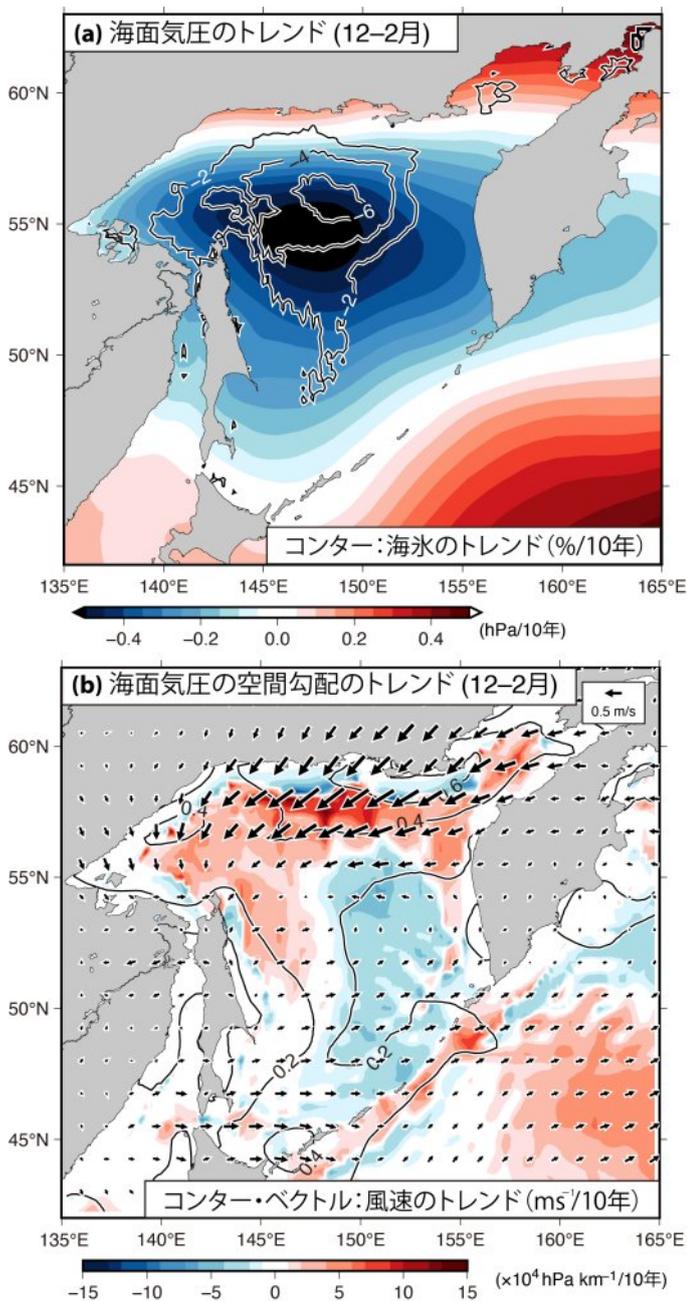


図 5 冬季における (a) 海面気圧と (b) その空間勾配(水平方向)の長期トレンド(カラー). (a) コンターは海氷密接度の長期トレンド(図3aのコンターと同様). (b) ベクトルとコンターは風速の長期トレンド(図3bのそれと同様). 海面気圧にはJRA55の再解析値を使用した.

語句説明

*1: 3種類の再解析データ (JRA55, ERA5, MERRA2)

観測データを数値モデルに取り込む客観解析を行なって欠損値のない均質なデータセットを再解析データと呼ぶ。ここでは、日本の気象庁(JMA)によるJRA55、ヨーロッパ中期予報センター (ECMWF) によるERA5、アメリカ航空宇宙局(NASA)の全球モデルデータ同化局(GM

セッションⅡ

【冬期に生じる災害対応・支援・復旧】

応募論文

ムが検討されていることから、新たな交通の要衝として生まれ変わる（図4）。

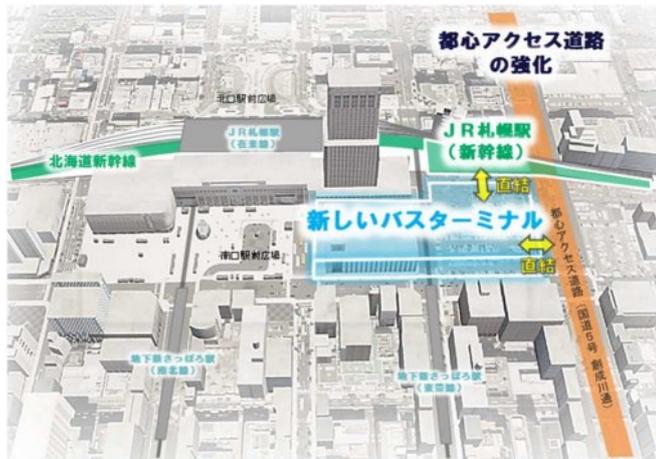


図4 交通の要衝である札幌駅周辺³⁾

一方、札幌駅周辺では、現バスターミナル（なお、現バスターミナルは、2023年9月30日で一時閉鎖となり、10月1日以降、各バス乗降場は駅周辺に仮設置された。）に全てのバスが入りきらず、路上にバス乗降場が分散していることから乗り換え利便性が低下している（図5）。

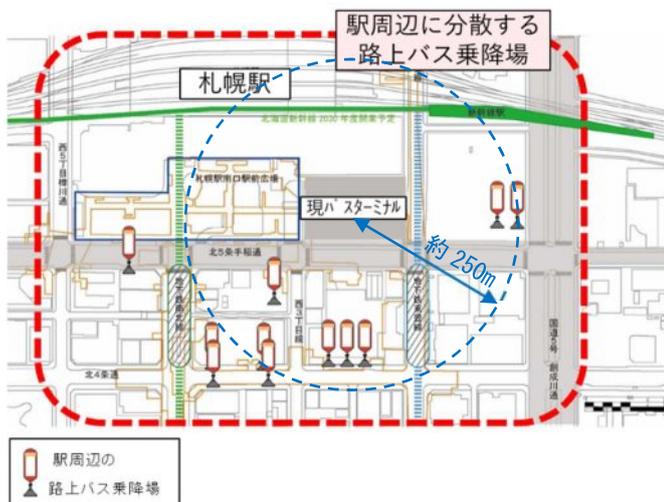


図5 札幌駅周辺のバス乗降場の状況³⁾

また、現バスターミナルは、施設が老朽化し、通路幅も狭く、明確な待合空間もないことから、バス待ちの列と通過する利用者が輻輳し、円滑な利用を阻害している（写真1）。

冬期の路上バス乗降場におけるバス待ち状況は、寒さ等の悪環境の中、屋外でバスを待つ状況にある（写真2）。



写真1 バスターミナルの利用状況 写真2 冬期のバス待ち状況

さらに、バス乗降場が札幌駅周辺の路上に分散していることで、都市機能や幹線道路が集中する札幌駅周辺では、周辺道路の交通を著しく阻害していることから、特に冬期は車両の速度が低下し、一層の混雑が発生している（写真3）。



写真3 路上バス乗降場による交通阻害状況

4. 札幌駅交通ターミナル事業計画

北海道開発局と札幌市では、「札幌駅交流拠点北5西1・西2地区再開発基本構想（2019年10月）」を踏まえた札幌駅交通ターミナルにおける事業計画の策定に向け、交通拠点機能や整備管理・運営手法等の具体化を図ることを目的に、これまでに計6回の札幌駅交通ターミナル検討会（2020年1月～座長：北海道大学公共政策学連携研究部高野伸栄教授）を開催し、2023年3月に事業計画としてとりまとめた。

事業計画では、「道都札幌の玄関口にふさわしい空間形成と高次都市機能・交通結節機能の強化」として、

- ・バスターミナルの整備
- ・高速バスネットワークとの連携
- ・歩行者動線と待合空間の整備
- ・都心アクセスの強化
- ・新幹線駅との連携
- ・創成川上空歩行者動線の整備

が主な事業内容として示されており、札幌駅交流拠点北5西1・西2地区再開発事業と一体的な整備が求められている。

なお、北海道開発局が主体的に実施する事業は、「バスターミナルの整備」、「歩行者動線と待合空間の整備」、「都心アクセスの強化」となっている。

そのうち、「待合空間の機能」については、災害時において、他の交通が復旧するまでの待機のための空間、代替輸送拠点や物資集積拠点など、「防災拠点機能」としての活用も求められている（図6）。

本稿では、札幌駅交通ターミナルにおける「防災拠点機能」のうち、特に冬期に着目して考察する。



図6 事業計画で示された札幌駅周辺の将来の姿³⁾

バスターミナルは、高速バスの多くが運休となったが、待合スペースがないことや、寒さの影響により閑散としていた（写真8）。



写真8 バスターミナルの状況

新千歳空港行き連絡バス停留所は屋外に設置されている。新千歳空港行き連絡バスは、早朝は運休していたものの、9:55札幌駅前発の便から運行を再開したことから、乗車を待つ道外観光客や子供連れの家族などで長蛇の列（最大約200m）が発生した。長時間寒空の下、発車時間などの情報もないままバスを待つ人が多く発生した。

また、バス待ちの方々が歩道上にあふれたため歩行空間が閉塞され、一般の歩行者の通行を阻害する事態となった（写真9）。



写真9 新千歳空港行き連絡バスを待つ状況

このように近年の災害を振り返ると、札幌駅周辺においては、帰宅困難者を収容する一時滞在施設の確保や、JR等の運行再開を待つ方々の一時退避場所の確保が課題である。

また、バスによる代替輸送を待つ方々に対して、バスやその他公共交通機関の運行状況の取得が可能な待合空間の確保が課題であることがわかる。

6. 札幌駅交通ターミナルにおける冬期の防災拠点機能

前述のような課題を解決するため、札幌駅交通ターミナルでは、事業計画に基づき駅周辺全体で防災機能を発揮する必要がある。

災害時に求められる機能や役割を各組織が共有し、連携したオペレーションを行うことが重要となる。

災害発生時には、「札幌駅・大通駅周辺地区都市再生安全確保計画（2023年2月）」に基づき、帰宅困難者等の一時滞在施設は、札幌駅・大通駅周辺地区の既存ビルや再

5. 災害発生時に起こる札幌駅周辺での課題

2018年9月に発生した北海道胆振東部地震では、全道的に電力供給が停止した（ブラックアウト）ことにより、札幌駅周辺では多くの観光客等が行き場を失い、帰宅困難者が滞留する等、災害時の公共交通機能確保や退避場所の確保等が課題となった（写真4, 5）。



写真4 札幌駅構内の帰宅困難者滞留状況



写真5 札幌駅屋外の帰宅困難者滞留状況

2022年1月の暴風雪時には、札幌発着の全列車及び高速バスが運休した。また、札幌駅周辺は行き場を失った人々で混乱が生じた。

札幌駅の改札前では、JRの運行再開待ちや代替輸送を駅員に尋ねる人などであふれていた（写真6, 7）。

JR北海道によると、1月11日からの6日間合計で全列車の約3分の1にあたる約2,600本が運休し、約45万6千人に影響がでた。



写真6 JR運行再開待ち



写真7 代替輸送案内ブース

開発ビルが担うことが想定される（写真10）。また、一時退避場所としては、札幌駅や地下施設が担うことが想定される（写真11）。



写真10 再開発ビルによる一時滞在施設



写真11 地下施設による一時待避場所

なお、「札幌駅・大通駅周辺地区都市再生安全確保計画（2023年2月）」では、札幌駅交流拠点北5西1・西2地区再開発ビルの10階約1,700㎡のホール及び通路を一時滞在施設として位置づけている。

この再開発ビルと一体となって整備する札幌駅交通ターミナルのような交通拠点については、災害時でも交通機能は保持しつつ、平常時に交流機能として活用している空間（待合空間等）を防災機能の空間として活用する必要がある（図7）。

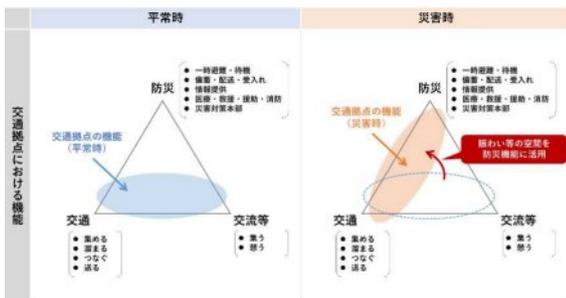


図7 平常時／災害時の交通拠点の機能³⁾

特に暴風雪や大雪などの災害時には、接続する再開発ビルと連携し、事業計画に基づき、以下の防災拠点機能を一体的に運用できる空間の構築が必要である（図8）。

（1）安全・安心な空間機能

公共交通が復旧するまでの間、寒さをしのげ、快適に過ごすことができる空間としての機能。

（2）バスによる代替輸送拠点機能

JRが運休した場合、新千歳空港行き連絡バスは代替輸

送を行う。その際の待機及び情報収集拠点としての機能。

（3）情報発信機能

デジタルサイネージ等による災害情報や、公共交通機関の復旧状況等に係る情報発信機能。

また、複数の交通機関が乗り入れる札幌駅で、北海道・札幌のニーズに対応するMaaS（Mobility as a Service）と連携した情報提供空間機能。

（4）備蓄、物資提供機能

非常食等の備蓄や受け入れ者への支援物資提供機能。



図8 防災拠点としての待合空間イメージ³⁾

また、昨今、訪日外国人観光客が急速に回復しており、今後も増加していくと思われる。訪日外国人の中には冬期の自然環境に不慣れな場合も想定されることから、多言語による案内も必須である。

7. おわりに

近年、大規模自然災害で深刻な被害が発生している北海道では、今後、気候変動の影響による水害・土砂災害や人命に関わるような暴風雪・大雪等の冬期災害が激甚化・頻発化する恐れがある。

安全・安心の確保は、社会経済活動の基盤であり、生産空間と地域の暮らしを守るとともに、北海道のポテンシャルを活かして我が国全体の国土強靱化に貢献することが求められている。

道都札幌の中心部に整備される札幌駅交通ターミナルはその一躍を担う交通拠点であり、防災拠点でもあると考える。

参考文献

- 1) 令和5年8月 令和6年度北海道局関係予算概算要求概要
- 2) 令和3年4月 新広域道路交通計画（北海道ブロック版）
- 3) 令和5年3月 札幌駅交通ターミナル事業計画

冬期の悪天候時における道路情報の提供について

伊藤 典弘*1 伍楼 和哉*1 藤原 拓也*1

1. はじめに

近年のソーシャルネットワークサービス（以下、SNS）の普及により、道路利用者はテレビやラジオだけでなく、携帯電話やスマートフォンからも容易に道路交通情報を得られるようになった。北海道開発局では2016年より広報部門においてX（旧Twitter）のアカウントを作成し様々な情報を発信していたが、道路利用者へのサービス向上のため、道路部門においても2023年1月に各開発建設部で新たにアカウントを作成し、より多くの利用者にリアルタイムの道路状況を広く周知する取組みを始めた。

本報告は、当局のSNSを用いた道路交通情報の発信について、昨冬の大雪時の事例とその効果を取りまとめたものである。

2. 目的と期待される効果

SNSによる道路交通情報発信は、悪天候や災害による道路状況の悪化が予測される場合や通行規制を実施している際に、道路利用者に行動変容を促すことを目的に行っている。例えば、悪天候が予測される場合では、事前情報として「不要不急の外出を控えること」や「通行止め予告」、災害により通行規制などが発生した場合には「迂回路の案内」や「通行止め解除の見通し」などの情報を発信している。

道路利用者は外出前や移動前に道路状況を把握することにより、計画的な行動を取ることができ、通行止めゲートの前まで来て引き返すといった無駄な行動による時間損失を軽減することができる。また、冬期においては、積雪や路面凍結による大型車両の坂路でのスタックや、吹きだまりでの車両の立ち往生に起因する渋滞、追突事故、通行止めの発生など、夏期と比較すると重大な交通障害を引き起こす可能性が高く、適切に情報発信を行うことでこれらの交通障害のリスクを抑えることができると考えている。

3. 具体的な事例

以下に、具体的な情報発信の事例を示す。

3.1 交通事故による通行規制

国道での事故発生直後から投稿を開始した事例である。これは、稚内開発建設部管内の国道238号猿払村で起こった事例であるが、車両の多重事故により道路が塞がれ通行不可となったことを本文に記載し、現地の道路状況、気象状況がわかるよう写真でも示している。更に今後の気象情報や道路情報の確認を促す旨についても記載している（図1）。情報発信することで迂回を促し、事故現場への追突などといった二次被害のリスクを下げる効果もある。その後は、事故処理が完了して通行可能になったことを投稿し、終了している（図2）。

表1 情報提供時系列（交通事故による通行規制）

発信のタイミング	媒体	発信日時	発信内容
事故発生後	X (旧Twitter)	23/2/20 8:54	交通事故による通行規制
規制解除後	X (旧Twitter)	23/2/20 12:36	通行規制の解除



図1 事故発生時の投稿

*1 北海道開発局建設部道路計画課

宗谷地方国道238号孫払村シネシンコにおいて、交通事故により通行できない状況でしたが、事故車両の処理により通行が可能となりました。道路を通行の際は気象情報や道路情報を確認するなど、十分にご注意ください。
info-road.hdb.hkd.mlit.go.jp/RoadInfo/Index...

午後0:36 · 2023年2月20日 · 4,483 件の表示

25 件のリツイート 42 件のいいね

図2 事故処理完了

3.2 悪天候による交通障害

本項で述べるのは、冬期の悪天候による注意喚起の投稿から開始した事例である。この時は全道的に悪天候に見舞われたが、その中で釧路開発建設部管内の国道243号美幌峠の通行規制に関する投稿事例を紹介する。

冬期の悪天候は事前に気象庁から予報が発表される場合が多く、それに基づいてある程度道路状況の変化が予測できるため、不要不急の外出を控えることや最新の気象情報、交通情報をご確認頂くといった悪天候の注意喚起に関する投稿が可能である。悪天候に起因する交通事故や立ち往生等を未然に防ぐためにも、行動変容を促す注意喚起は重要である(図3)。

悪天候による通行規制は、前項の交通事故のような突発的なものではなく現地の状況から判断して事前に予告を行うため、それに合わせてXでも規制予告の投稿を行っている(図4)。

規制開始後は速やかにその旨の投稿を行い、天候回復や除雪作業後、安全確認を行った後に通行止めを解除する予定であることも併せて述べている(図5)。また、開発建設部管内で複数路線の通行規制を行う場合、あるいは社会的影響が大きいと思われる路線の通行規制は必要に応じてホームページで報道発表を行う場合もある(図6)。規制開始の投稿は、出来る限り朝の通勤・通学時間帯の2~3時間前に行うようにし、道路利用者への影響を極力少なくなるようにしている。

#根室 は本日21時に著しい#視程障害(視界100メートル未満)の予測が出ています。大雪時の出控えをご検討いただくとともに、道路ご利用の際には最新の気象情報、交通情報をご確認ください。

午前11:20 · 2023年2月1日 · 7,361 件の表示

16 件のリツイート 21 件のいいね

図3 注意喚起

#吹雪 による道路障害のおそれのため、午前4時00分から弟子屈町と美幌町をつなぐ国道243号 #美幌峠で通行止めとなります。大変ご迷惑をおかけしますが、ご理解とご協力をお願いします。
 #いのちとくらしをまもる防災減災



午前4:00 · 2023年2月2日 · 47 件の表示

2 件のリツイート 2 件のいいね

図4 規制予告

#吹雪 による #道路障害 のおそれのため、午前7時00現在、冬期通行止めの知床峠の他、#国道243号 #美幌峠 #国道244号 #根北峠 #国道335号 #羅臼峠の3箇所で #通行止め を実施しており、天候回復や除雪作業後、安全確認を行った後に通行止め解除の予定です。
 #いのちとくらしをまもる防災減災

午前7:09 · 2023年2月2日 · 495 件の表示

7 件のリツイート 5 件のいいね

図5 規制開始



管内国道の通行止めについて(第1報)

令和5年2月1日からの悪天候の影響により、釧路開発建設部では2月2日(木)6:00現在 国道2路線2区間の通行止めを実施しております。当該区間を利用される皆様には大変御迷惑をおかけしますが、ご理解とご協力をお願いいたします。
 なお、通行止め解除は、天候回復後、点検等を行った上で行う予定です。

2月2日(木)6時00分現在の釧路開発建設部管内の通行止め区間は以下の通りです。

- ① 通行規制区間 一般国道243号(美幌町若橋~弟子屈町ウランコシ) L=19.6km
 通行規制日時 2月2日(木) 4:00~
 通行止め理由 吹雪による道路障害の恐れ
- ② 通行規制区間 国道335号(羅臼町根崎町~羅臼町無異) L=16.2km
 通行規制日時 2月2日(木) 6:00~
 通行止め理由 吹雪による道路障害の恐れ

最新の道路通行規制情報は、「北海道地区道路情報」を御覧ください。
 アドレス(<https://info-road.hdb.hkd.mlit.go.jp/>)

その他、「北海道開発局道路情報」のTwitterでも情報提供しております。



Twitter 二次元コード

【問合せ先】 国土交通省 北海道開発局 釧路開発建設部
 道路計画課 課長 中村 雄典 電話 0154-24-7268 (ダイヤルイン)
 広報官 鈴木 裕介 電話 0154-24-7354 (ダイヤルイン)
 釧路開発建設部ホームページ <https://www.hkd.mlit.go.jp/>

図6 報道発表(規制開始)

規制区内での除雪等の復旧作業に時間を要し、通行規制が長期に渡る場合は、道路利用者に通行規制の解除までに時間がかかることを理解して頂くため、必要に応じて現地状況や作業状況の投稿を行っている。その際、写真を添付することでより現地状況や作業内容を理解してもらいやすくなるよう工夫している（図7）。

規制区内での復旧作業が進み、規制解除の時刻が決定した際は解除予告の投稿を行っている。解除予告の際は規制解除が決定してから速やかに投稿を行うことで、道路利用者が移動の計画や準備を規制解除前から行うことができる（図8）。

通行規制を解除した後は、その旨の投稿を行い、一連の流れはこれで終了となる（図9）。通行規制開始時にホームページでの報道発表を行っている場合は、終報として報道発表も行っている（図10）。



図7 現地状況

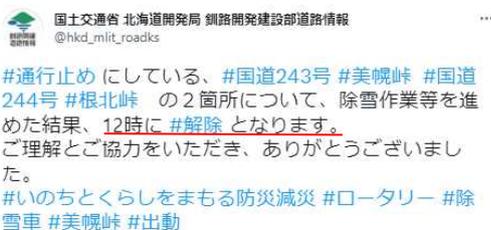


図8 解除予告

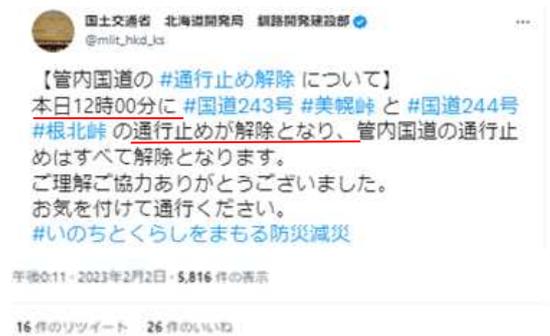


図9 規制解除

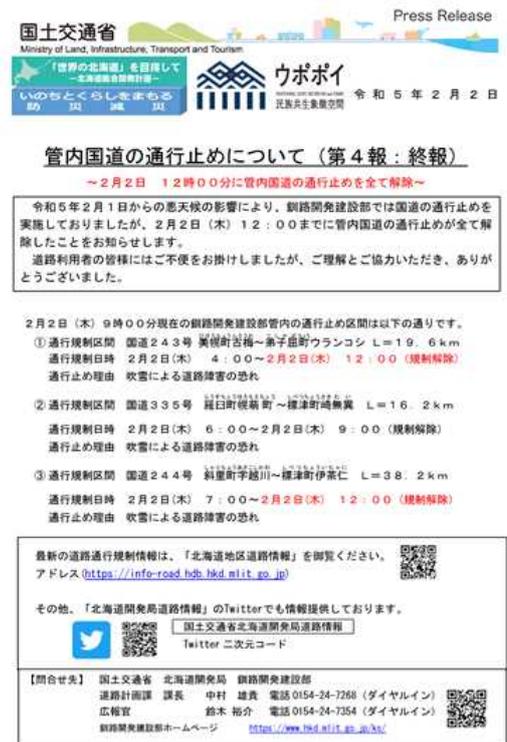


図10 報道発表（規制解除）

表2 情報提供時系列（悪天候による交通障害）

発信のタイミング	媒体	発信日時	発信内容
注意喚起	X (旧Twitter)	R5/2/1 11:20	視界障害の注意喚起 北の道に吹雪の視界情報への誘導
規制予告	X (旧Twitter)	R5/2/2 4:00	R243美幌峠の通行止め予告
	X (旧Twitter)	R5/2/2 5:53	R335羅臼峠の通行止め予告
	記者発表	R5/2/2 6:00	管内国道の通行止めについて（第1報）
	X (旧Twitter)	R5/2/1 6:36	R244根北峠の通行止め予告
規制開始	記者発表	R5/2/2 7:00	管内国道の通行止めについて（第2報）
	X (旧Twitter)	R5/2/2 7:09	国道3路線3区間の通行止め
	X (旧Twitter)	R5/2/2 7:44	国道3路線3区間の通行止め
	X (旧Twitter)	R5/2/2 8:16	R335羅臼峠の通行止め区間変更
解除予告	X (旧Twitter)	R5/2/2 8:58	R335羅臼峠の通行止め解除予告
一部規制解除	記者発表	R5/2/2 9:00	管内国道の通行止めについて（第3報）
	X (旧Twitter)	R5/2/2 9:09	国道2路線2区間の通行止め状況
	X (旧Twitter)	R5/2/2 9:23	R335羅臼峠の通行止め解除
作業状況	X (旧Twitter)	R5/2/2 10:37	国道2路線2区間の作業状況
解除予告	X (旧Twitter)	R5/2/2 11:48	国道2路線2区間の通行止め解除予告
規制解除	記者発表	R5/2/2 12:00	管内国道の通行止めについて（第4報：終報）
	X (旧Twitter)	R5/2/2 12:11	管内国道の通行止め全解除

表2は、悪天候による注意喚起から通行規制、規制解除までの一連の流れを表にまとめたものである。

開発建設部管内で通行規制の状況が変わった場合は、その都度報道発表を行っている。Xでの投稿はその機動性を活かし、報道発表に先立って投稿することが可能である。また、報道発表をするまでもないが、規制解除に向けた現地の作業状況、現地状況や規制解除の見通しなど、道路利用者にとって有益な情報を発信することができることも、Xでの投稿の利点である。

一方で、投稿の敷居が比較的低いことから、安易に情報発信を行わないよう十分内容を精査したうえで投稿する必要がある。特に通行規制中の作業状況については不用意に投稿することで道路利用者の不安を煽ることのないよう、また、見通しが立っていないのに規制解除予告を行うなど道路利用者の混乱を招くことがないように注意する必要がある。

作業状況等の写真は可能であればCCTVカメラの画像を用い、現地で撮影する場合は安全に配慮したうえで、無理のない範囲で撮影を行うよう十分注意する必要がある。また、車のナンバープレートや人の顔はぼかし処理等を行い、個人情報保護にも配慮する。

4. 投稿への反応による考察

前項の事例において、表2でとりまとめた発信のタイミング毎に、Xでの投稿が何回見られているか（表示回数）を比較した。その結果、最も表示回数が多かったのは、注意喚起に関する投稿だった。これは、全道的に悪天候の予報が出ている時などは、より多くの道路利用者が様々な媒体から情報を入手しようとしているからと考えられる。規制予告や規制開始時は早朝の時間帯のためか、表示回数は極端に少なかった。作業状況、解除予告、規制解除は前日のほぼ同じ時間帯であった注意喚起よりやや少なかった。投稿の拡散機能である「リポスト」や「いいね」の数については概ね表示回数と比例しているが、作業状況や解除予告に関する投稿は特に多く拡散されている。

通行規制時の作業や暴風雪時の支援に対して一般の方や自治体から労いや感謝の声を頂くこともある。例えば、国道334号知床峠の冬期通行規制解除に向けた除雪作業の投稿（釧路開発建設部）に対して一般の方から「引用ポスト」で作業を労う投稿があったり（図11）、暴風雪時に人工透析患者の搬送を網走開発建設部の除雪車の先導により支援したことに対して斜里町から感謝の言葉を頂いているという投稿が一般の方からされていたりしている（図12）。情報発信を積極的に行うことにより、道路利用者から通行規制に対して一定の理解を得られていると考えられる。

今年はちょっと早めなのかな？
ご苦労さまです！
Translate post



11:04 PM · Mar 24, 2023 · 926 Views



上) 図11 引用ポストによる労いの声
下) 図12 自治体から感謝の声

5. おわりに

冬期の悪天候時に道路を通行することは、平常時に比べて視界が悪くなったり、路面状況が悪化したり、交通事故の危険性が非常に高くなる。従前は当局のホームページもしくは道路交通情報サイトを見ることでのみ道路状況を確認できたが、SNSが発達した現在ではより多くの道路利用者にリアルタイムで道路状況を提供できることが可能になり、道路利用者からも一定の理解を得られていると思われる。この取組みにより、冬期の吹雪による視界不良が原因の追突事故や吹きだまりでの立ち往生などが少しでも少なくなれば幸いである。また、今後もより良い情報発信ができるよう、試行錯誤しながら取組みを継続していきたい。

近年の北海道における吹雪強度の地域分布傾向

菅原邦泰*1 原田裕介*1 西村敦史*1

1. はじめに

北海道をはじめとする積雪寒冷地域では、吹雪によって視程障害や吹きだまりが発生する。吹雪に伴って、時として社会経済に甚大な影響を及ぼす交通障害が誘発されることがある。

吹雪の強さは、一冬期における視程障害の発生回数や吹きだまり量などの指標に反映される¹⁾。これらの指標は、防雪柵の設置を始めとした道路防雪対策の計画策定に用いられる。よって、吹雪の強さを把握し、現在における地域分布傾向を明らかにすることは、冬期道路の防災計画策定に貢献することである。また、現在気候における吹雪の発生状況を把握することは、吹雪強度の将来変化傾向を論じるためのベンチマークデータを得る上でも重要である。

北海道のみならず日本各地において、降雪量及び積雪深の地域分布傾向及びその数十年単位での経年変化傾向は、既往研究において明らかになっている^{例え2)}。一方、吹雪強度の指標である吹雪量(全吹雪輸送量)³⁾は、降雪量のみならず風速および気温に応じて変化する(詳細は3.1に記載)。したがって、降雪量等の指標だけでは吹雪強度を推定することは困難である。そこで、本研究では既往の吹雪強度推定手法により北海道の気象庁アメダス(図1)における吹雪強度を算出し、その結果に基づいて吹雪強度の地域分布傾向を調査した結果を紹介する。

2. データ

北海道内の気象庁アメダスのうち、気温、風向風速、お

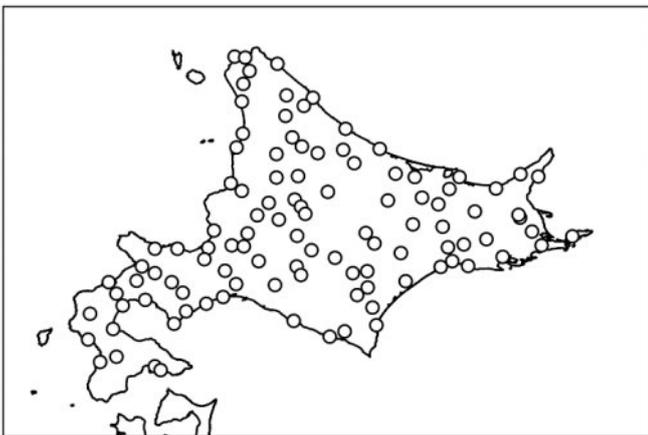


図1 解析に用いたアメダス観測地点。

よび積雪深の観測を行っている地点から106地点を選定した。本研究では1冬期を11月から翌年3月までとし、2009年冬期から2018年冬期を解析期間とした。用いた気象要素は、気温、風速、及び降雪量の、いずれも時別値である。なお、降雪量の時別値は積雪深の時間増加分として定義した。

3. 手法

3.1 吹雪強度の指標

吹雪強度の指標である吹雪量(kg/m/s)は、単位時間(例えば1秒)に風向に直角な単位幅(例えば1m)を通過する雪粒子の総質量である³⁾。吹雪量を直接計測するには、ネット式吹雪計及び図2に示す吹雪粒子計(Snow Particle Counter)を用いた、飛雪流量(kg/m²/s)の計測を複数の高度で行う必要がある。一方で、気象観測値の関係に基づいた吹雪量の推定式は、既往研究において式(1)のように提唱されている⁴⁾。なお、一般的な気象観測では1秒値などの瞬間値ではなく1時間など比較的長い時間における代表値を用いる。式(1)においても同様に、1時間における代表値(時別吹雪量 Q_h ; kg/m/h)へ換算したものを本研究では用いる⁵⁾。

$$Q_h = 5.12 \times P \times U_{10} + 2.82 \times 10^{-3} \times U_{10}^4 \quad (1)$$

ここで、 P は降雪強度(mm/h)を示す。 U_{10} は地上10m高度の風速(m/s)を示し、観測高度 z (m)における実測風速 $U(z)$ より、式(2)に示す風速の対数則で求められる。



図2 吹雪粒子計(株)新潟電機製SPC-95)。

*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

$$U_{10} = U(z) \times \frac{\log(10) - \log(z_0)}{\log(z) - \log(z_0)} \quad (2)$$

ただし、雪面の粗度長 z_0 は 1.5×10^{-4} mとした。なお、式(1)の右辺第一項は降雪由来の吹雪量(Q_f)を、右辺第二項は地吹雪由来の吹雪量(Q_d)をそれぞれ示す。各吹雪量成分の加算条件は表1に示す通りである^{5),6)}。

3. 2 主成分分析

本論では、既往研究の手法に基づき、冬季北海道の気候特性分類のために主成分分析を施した⁷⁾。主成分分析とは、多数の変数における全体のばらつきを最もよく表す特徴量を抽出する統計解析手法である。主成分分析により得られる特徴量は、全体のばらつきを表す程度(寄与率)の順に第一主成分、第二主成分のように呼称される。主成分分析に用いた気象要素は、各アメダス観測地点における冬期平均気温、冬期平均風速、及び冬期累計降雪量の平年値である。なお、各統計量には、全地点における平均及び標準偏差を用いて標準化を施した。

4. 結果

4. 1 吹雪量の分布

各アメダスにおける冬期累計吹雪量の平年値($\overline{\Sigma Q_h}$)を図3に示す。吹雪強度は相対的に沿岸部で大きくなり、内陸部で小さくなる傾向を示した。既往研究において、特別吹雪量が300kg/m/hを超えると、視程は50m以下にまで低下することが示唆されている⁸⁾。特別吹雪量の日最大値が300kg/m/hを超えた日数の解析期間累計値と、図3に示した冬期累計吹雪量の平年値の関係を調べた。その結果、相関係数は0.971となるなど、極めて高い正の相関を有していることが分かった。実際の道路における視程障害の発生状況は、道路周辺の環境や防雪対策施設にも依存するものの、図3に示した分布図は吹雪による視程障害発生のパテンシャルを示したものであると言える。

4. 2 主成分分析による気候特性の分類

3. 2で示した主成分分析の結果を表2に示す。第二主成分までの累積寄与率が80%を超えていることから、本研究における気候特性の説明では、第一および第二主成分の二成分で十分である。この結果では、第一主成分は気温及び風速を正に取り降雪量を負に取った指標であり、第二主成分は降雪量を正に取った指標である。

第一主成分及び第二主成分の主成分得点の分布を、それぞれ図4、図5に示す。主成分得点とは、元のデータを各主成分に変換した値である。なお、主成分分析を施す際に標準化を施しているため、実測値そのものを用い

表1 各吹雪量成分の加算条件。 T は気温(°C)、 t は降雪終了後の経過時間(h)、 T_{max} は降雪終了後の最高気温(°C)を表し、 $\max(X, Y)$ は X と Y の大きい方を示す。

Q_f	$T < 2.5$ かつ $P > 0$
Q_d	$P > 0 : T < 2.0$ かつ $U_{10} > 8.0 + \max(-3.0, T)$ $P = 0 :$ 上記2条件 かつ $T_{max} < 2.0$ かつ $t \leq 48$

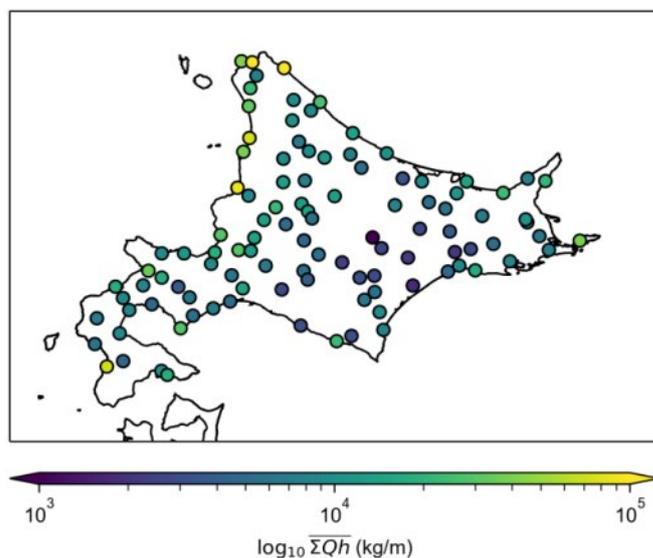


図3 各地点における冬期累計吹雪量の平年値。

表2 主成分分析の結果。

	第一主成分	第二主成分	第三主成分
風速	0.65	0.31	0.69
降雪量	-0.37	0.93	-0.07
気温	0.66	0.21	-0.72
累積寄与率(%)	58.33	87.78	100.0

るのみでは主成分得点を得ることができない点には留意されたい。この結果では、第一主成分得点(PC1)は沿岸部で正の値を、内陸部で負の値をそれぞれ示す傾向が確認された。実際、冬期北海道の沿岸部では強風となる傾向にある。反対に内陸部では、風速は比較的弱く放射冷却により低温になる傾向がある。第一主成分はこのような傾向を反映していると考えられる。一方、第二主成分得点(PC2)は日本海側北西部に向かうほど正の大きな値を、太平洋側南東部に向かうほど負の大きな値を示した。第二主成分は降雪量を正に反映した指標であるが、冬期の日本列島に特徴的な西高東低の気圧配置による降雪を反映していると考えられる。実際、十勝平野や根釧台地では主成分得点が-2.0前後となるなど、大きな負の値を示した。なお、以上の傾向は既往研究⁷⁾とも共通であった。

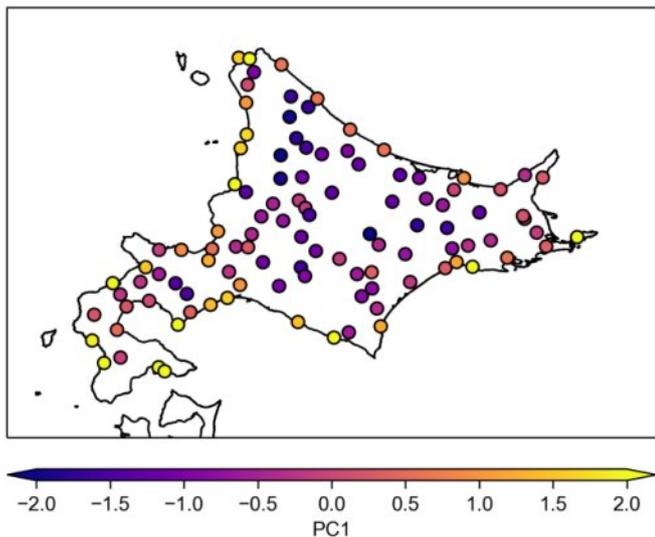


図4 第一主成分得点の分布図。

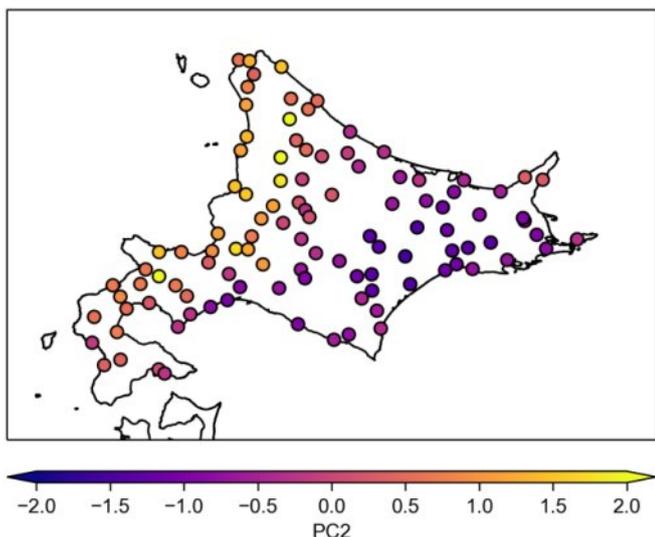


図5 第二主成分得点の分布図。

4. 3 気候特性と吹雪量の関係

第一主成分得点及び第二主成分得点を、それぞれ縦軸及び横軸とした平面座標(主成分座標)と、各象限に含まれる代表的な地点を図6に示す。また、図7に各観測地点における各象限の分類を示す。4. 2で示した主成分分析の結果から、主成分座標において、第一象限は高温と強風を、第三象限は低温と弱風をそれぞれ特徴とする。一方、第二象限は低温、弱風に加えて多雪を、第四象限は高温、強風に加えて少雪をそれぞれ特徴とする。

図3に示した各地点の冬期累計吹雪量を、主成分座標に描画したものを図8に示す。また、各象限における吹雪量の平均と地点数を表3に示す。相対的には吹雪強度は第一象限で大きくなり、第三象限で小さくなる傾向が確認された。一方で、第二象限と第四象限には明確な差

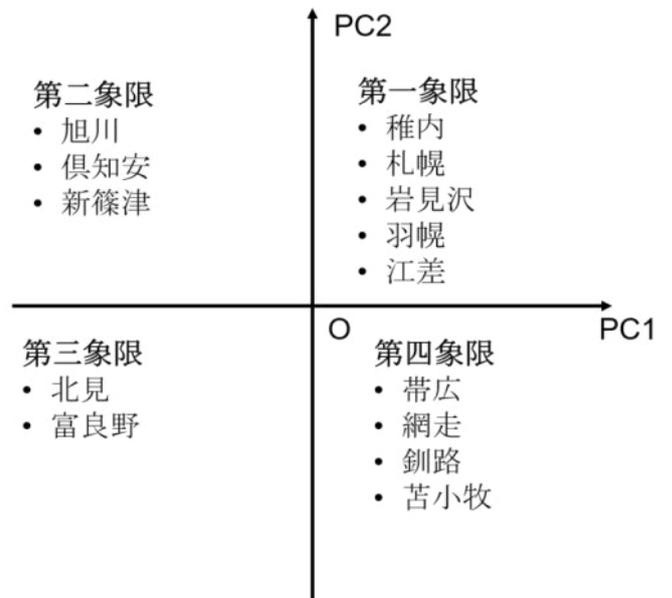


図6 主成分座標および各象限における代表的な地点。

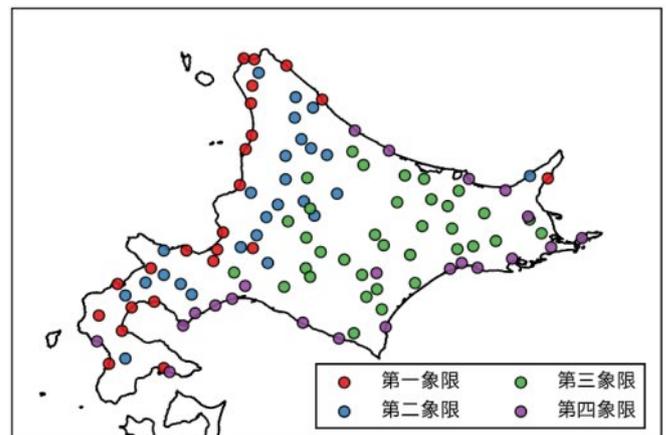


図7 各観測地点が属する主成分座標の象限。

異は確認できなかった。第一象限は高温と強風を特徴とする気候であるため、北海道内における相対的な吹雪強度の大小には気温よりも風速の大小が重要であることが示唆される。第一象限に属する地域は稚内や羽幌など沿岸部の地域が主であり、この結果は図3における分布とも整合している。以上の結果から、北海道における吹雪強度は風速の強弱を最も反映していることが示唆される。

5. まとめ

北海道内の気象庁アメダス106地点を対象に、2009年冬期から2018年冬期における吹雪強度の地域分布傾向を調査した。気温、風速、および降雪量を用いた主成分分析に基づくと、日本海側の沿岸部を始めとした比較的強風である地域で、吹雪強度が強い傾向が確認された。このことから、北海道における吹雪強度は風速の強弱を最も反映していることが示唆される。

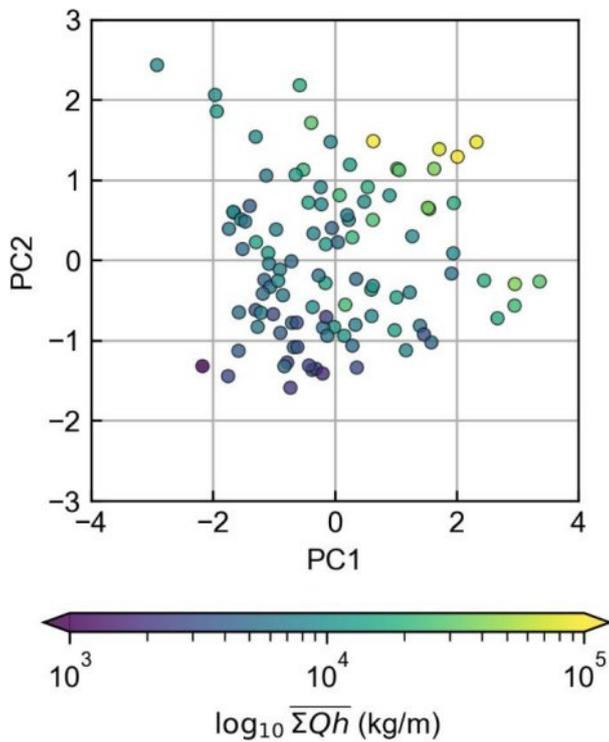


図8 主成分座標における冬期累計吹雪量の年平均値の散布図。

表3 主成分座標の各象限における、冬期累計吹雪量の年平均値の地点間平均値および地点数。

	吹雪量(kg/m)	地点数
第一象限	37337.9	23
第二象限	10861.7	26
第三象限	5262.3	35
第四象限	11928.8	22

参考文献

- 1) 寒地土木研究所, 2011: 道路吹雪対策マニュアル.
- 2) 鈴木博人, 2023: 日本における降積雪量の長期変動および環境場との関係 —気象庁の観測データを用いた地点別の解析—. 雪氷, 85, 293-311.
- 3) 松澤勝, 2016: 降雪を伴う吹雪時の吹雪量の推定手法に関する研究. 雪氷, 78, 255-268.
- 4) 武知洋太, 大宮哲, 松島哲郎, 原田裕介, 西村敦史, 亀田貴雄, 2023: 従来の経験式による吹雪量と新たな観測結果との比較(2) —北海道石狩市での吹雪時の観測に基づく—. 雪氷研究大会(2023・郡山)講演要旨集.
- 5) 武知洋太, 大宮哲, 原田裕介, 大久保幸治, 高橋丞

二, 松澤勝, 2020: 気象条件を用いた吹雪時の視程推定手法の精度改善に向けた分析 —北海道と青森県における観測結果より—. 寒地土木研究所月報, 805, 58-65.

- 6) 竹内政夫, 石本敬志, 野原他喜男, 福沢義文, 1986: 降雪時の高い地吹雪の発生臨界風速. 昭和61年日本雪氷学会全国大会予稿集.
- 7) 福澤義文, 加治屋安彦, 小林利章, 苫米地司, 2000: 北海道全域の吹きだまり量分布の推定. 雪氷, 62, 291-300.
- 8) 原田裕介, 大宮哲, 武知洋太, 西村敦史, 2023: 一回の暴風雪や大雪の厳しさを評価する指標の検討(その1). 雪工学会論文集, 39, 11-27.

豪雪地域における高速自動車道の視程障害対策及び滞留対策等の取組

佐藤 博之*1 植木 和明*1 渡辺淳平*1

1. はじめに

関越自動車道 湯沢管理事務所管内のうち、土樽PA～小千谷IC間は、豪雪地域であり、冬期間においては、雪による登坂不能やスリップ、視程障害による衝突・脱輪事故等が多く発生する。近年の頻発する短時間での異常降雪により、令和2年12月16日に発生した大規模滞留車両をはじめ、交通障害が数多く発生している。近年、より効果的な対策、効率的な除雪作業が必要される中、ホワイトアウトとなる条件下での視程障害対策や登坂不能車両の排除対策、長期間滞留車両が発生した場合のお客様に対する安全な避難通路の確保等について、課題を整理し、対応した方法について記述するものである。



写真-1 大規模滞留の発生

2. 視程障害対策について

2.1 視程障害対策の課題

視程障害は、気温が低下する中、雪の量や風の強さ等の条件により発生する。特に昼間においては、路面と周囲の雪壁が白色で画一化され、ドライバーが道路線形を把握することが困難となり、事故に至るケースもある。このため、「ブルーライン」と呼ばれる青色液体を散布し、視線誘導の対策を行ってきた。この「ブルーライン」は、青色の食用色素をNaCl溶液と混合したものを車両に積載した散布装置により雪壁に散布するが、粉体の食用色素は水に溶けにくく、製造に時間を要する。また未溶解の粉体は糊状となり、散布装置のノズルを閉塞させ、作業を中断する 경우가多々あった。こ

れまで、散布のための装置は、3tトラックに植栽用の薬剤散布装置を積載して使用していたが、積載量が小さいため、L=5km程度しか散布することが出来ず、より大型の散布車両で効率的に作業する事が可能か課題であった。



写真-2 「ブルーライン」散布前（左）散布後（右）

2.2 課題の解決と改良

①「ブルーライン」の溶液を効率的に製造するため、粉体の食用色素について、事前に溶解したものを製造業者に依頼し、調達した。更に市販品では、高濃度の溶液が無いいため、特注で30%の溶液を製造依頼し、その溶液を計量・管理が容易なよう、500ml単位の容器とした。
②効率的な散布を実現するため、既存の散水車(10t積)を利用した。これは、積載量大きい事に加え、トンネル清掃用のノズルが片面に3基ずつ付属していたため、ノズルの片側一つずつを改良し、ブルーライン専用ノズルとし、既設の装置等を大幅に変更することなく、散布を可能にしたものである。



写真-3 散布用ノズル（市販品）



写真-4 散水車改良（ノズル取付）

2.3. ブルーライン改良の結果

食用色素を粉体から液体にすることで、これまで約40分掛かっていた溶液の製造時間が約10分程度と大幅に短縮されただけでなく、未溶解の粉体がつまり作業が中断される事象も発生しなかった。また散水車に散布用ノズルを取付けたことにより、トンネル洗浄ノズルと比較し、吐出量が調整出来ることから、約15kmの連続散布が可能となり、作業の迅速化、効率化が図られた。

3. 登坂不能対策について

3.1 登坂不能の発生について

登坂不能は、冬用タイヤ装着車両においても、事故等の影響で低速走行あるいは一時停止した場合、路面の状況によっては、発進不能となる状態であり、滞留車両を発生する要因の一つとなる。よって、過去の発生事象を整理し、発生する可能性が高い区間を特定し、牽引用の車両（トラクターショベル）を効果的に配置し、滞留車両の早期排除を検討するものである。

3.2 発生区間の特定

概ね、過去の事例を基に発生の可能性が高い区間を特定した。傾向として、上り勾配が3%を超える区間から勾配が増すにつれて多く発生している。湯沢管理事務所管内では、以下の図-1の区間となる。

3.3 牽引用車両の配置

上記の区間を基に、順行で走行可能な最寄りのインターチェンジ（4か所）に大型のトラクターショベルを配置した。令和2年度に配置後、トラクターショベルによるスタック車両の排除が速やかに行われたため、大規模滞留の発生はなかった。



図-1 登坂不能発生区間

4. 大規模滞留発生時の避難対策

4.1 大規模滞留発生時の対応

滞留車両発生の際は、登坂不能車両等を排除し、滞留車両の抑制を行うが、更なる滞留車が発生する可能性がある。大規模かつ長期化する場合に備え、お客様が安全に避難出来る通路について、中央分離帯乗越え階段（移動式）、のり面階段（固定型）、雪踏階段（非固定型）を立案し、現地に設置したものである。この中で、本線から一般道への移動経路となる以下の2つについて効果を検討する。

4.2. のり面階段（固定型）の検討

冬期は、標識や照明等を除く立入防止柵等の低構造物は積雪により埋没し、のり面歩行の際に躓き転倒する又は、用水路に落下等の危険がある。冬期は、標識や照明等を除く立入防止柵等の低構造物は積雪により埋没し、のり面歩行の際に躓き転倒する又は積雪により埋没し、のり面歩行の際に躓き転倒する又は、用水路に落下等の

危険がある。その対応として、階段を設置することにより動線を目視可能なものとし、雪に不慣れなお客様の安全な非難の助けとして雪国の環境・特性を生かした階段を設置した。

4.2.1. 設置場所の選定・設置状況

設置場所は、アクセスする一般道が常時除雪により開設され、かつ交通量が比較的少ない事と転倒した場合の安全性を考慮し、土工のり面とした。のり階段は、令和2年度より設置され、当初、床高さを1.0mとしていたが、降雪により埋没してしまい、その排雪が困難となったことから、床高さを1.8mとし、排雪が容易となるよう改良した。しかしながら固定式のため、車両滞留場所の非特定に応じた対応が出来ないことが、課題である。



写真-5 のり面階段（固定式）

4.3. 雪踏階段（非固定型）

前述ののり面階段（固定型）は、設置場所から離れた位置で車両滞留が発生した際、お客様に長距離行動を強いる結果となるため、どんな場所においても一定な安全避難通路を確保するため、現地の状況に応じた雪踏階段の設置を立案し施工した。



写真-6 雪踏階段

4.3.1 設置方法

雪踏階段は、現地にて人力作業により階段を作成するものである。必要な器材は、雪を成形し踏み固める「かんじき」「スコップ」「手摺用ロープ」「ロープ固定用アンカー（埋設）」を用いる。これにより、資材が少ないため、作業員4名であれば、小型の車両1台で移動するこ



とが可能なることから、迅速かつフレキシブルな対応が可能となる。

写真-7 かんじき

写真-8 手摺用ロープ



写真-9 ロープ固定用アンカー（埋設式）

4.3.2 設置訓練

令和4年度の冬季に実際に設置訓練した結果、作業員4名で概ね30分程度で延長20mの階段を設置することが出来た。その際、盛土のり面等のり勾配が緩く、のり長が短い箇所については、①本線からのり面下に直降するもの（直降型）地山の勾配がきつい又はのり長が長く、転落の際に滑落するような箇所については、②階段途中で踊場を設けたもの（踊場型）の2パターンを設置した（図-2参照）

不測の事態においてもお客様に安全・安心を出来るだけ速やかに提供することが求められる。

今回取り組んだ事例、検証したものは配置・設置するだけでは機能せず、日頃の訓練により維持されることで、いつでも迅速に作業が可能なるものである。

令和2年12月の災害を踏まえ、これまで多くの対策を実施してきたが、今後も改良を重ね、お客様に寄り添った対応を進めていく所存である。



写真-10 設置訓練状況

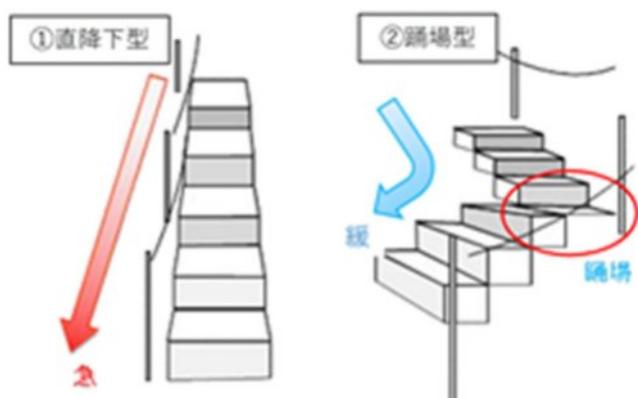


図-2 雪踏階段 形状

実際に女性や長靴を履いていない方に階段を歩いて頂き、歩行可能なことを確認した。検証後の改善点として、夜間の避難用に照明設備が必要であること、手摺のロープが成人用としたため、子供や高齢の方への配慮が必要である等、改良の余地があることが確認出来た。しかしながら、雪踏階段（非固定型）は、何処でも直ぐに避難用ルートを確認可能で、事象発生の周辺に避難用通路を確認することができ、急こう配なり面でも高齢者や子供に配慮した勾配の緩い避難通路を確認できる等、現地に応じた有効な施設であると考えられる。

5. まとめ

安全・安心・快適・便利な新潟の高速道路を管理することがNEXCO東日本新潟支社グループの使命である。自然環境が相手であり、新潟県内の厳しい冬季条件下での

羽越河川国道事務所の関係機関との連携と協力による雪対策

尾近 博*1

1. はじめに

羽越河川国道事務所では国道7号と、これに並行する日本海沿岸東北自動車道の2路線79.5kmを管理している。

国道7号は、新潟県新潟市を起点とし青森県青森市に至る延長約580kmの主要幹線道路であり、第一次緊急輸送道路に指定されている。

日本海沿岸東北自動車道は新潟県新潟市から青森県青森市に至る延長約322kmの高規格道路であり、このうち、新潟県新潟市から秋田県秋田市までが日本海東北自動車道（以下、「日東道」という）である。

当事務所では、国道7号の村上市坂町（十文字交差点）から伊弉野（山形県境）までの58.5kmと、日東道の荒川胎内ICから朝日まほろばICまでの21.0kmを管理している（図1）。

日東道は比較的平坦であるのに対し、国道7号は村上市大須戸から上大鳥間（蒲萄峠）は、縦断勾配5%以上の急勾配が10km以上に渡り連続し、大雪時には大型車等のスタックが発生しやすい区間である（図2）。

平成30年2月には強い寒気が流れ込んだ影響で大雪に見舞われ、国道7号蒲萄峠ではタイヤチェーン未装着の大型車がスタックし、最大220台もの車両が滞留し、約4時間の通行止めが発生した。蒲萄峠は従来から「予防的通行規制区間」に設定されているが、これを契機に平成30年12月末からは北陸地方整備局管内で唯一の「チェーン規制区間」に設定された。

なお、日東道の荒川胎内ICから朝日まほろばICまでの間は全線も「予防的通行規制区間」に設定されている。

近年、短時間に集中した降雪により各地で交通障害が発生しているが、本稿では令和4年度の羽越河川国道事務所の関係機関との連携と協力、および冬期道路交通確保の取り組みについて紹介する。



図1 位置図

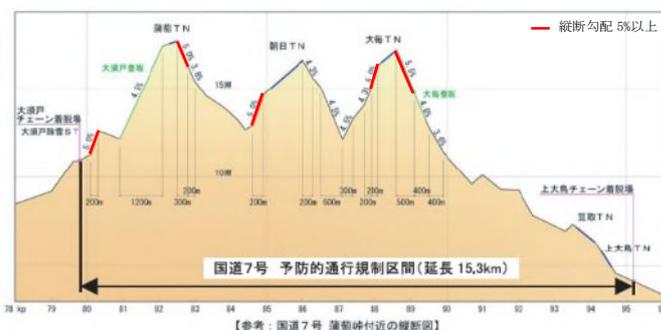


図2 国道7号蒲萄峠付近の勾配図

2. 関係機関との連携と協力

2.1 村上圏域冬期道路交通確保連携会議

当事務所は、村上市および関川村内において、冬期の大雪等の異常気象等による主要幹線道路での大規模な車両滞留や交通渋滞などの事態を回避するため、圏域の関係する機関が連携して対応する体制を構築することを目的に『村上圏域冬期道路交通確保連携会議（以下、「冬期連携会議」という）』を設立している。

*1 国土交通省 北陸地方整備局 羽越河川国道事務所 道路管理課

冬期連携会議の構成員は、当事務所のほか国土交通省北陸地方整備局新潟国道事務所、新潟県村上地域振興局、村上市、関川村、東日本高速道路株式会社新潟支社新潟管理事務所、関東管区警察局広域調整部新潟高速道路管理室、新潟県村上警察署、新潟県警察本部交通部高速道路交通警察隊である。

会議では毎年降雪期前に今冬に向けた課題や対策等について情報共有・意見交換を行っている。

また、大雪の予報が出た際には、関係機関専用のwebページ『冬期情報共有サイト』で“気象情報”や“道路情報等”を共有するほか、『情報連絡本部』を開設しweb会議で協議等を行っている。

日東道は東日本高速道路株式会社新潟支社新潟管理事務所と新潟県警察本部交通部高速道路交通警察隊、各ICのアクセス道路の管理者との連携が非常に重要であり、アクセスコントロールが容易な反面、退出や支援の経路が限定されるため、スタックが発生する前に早期に予防的通行規制を実施し、集中除雪を行うことが必要である。

2.2 村上圏域合同除雪出動式

当事務所と新潟県村上地域振興局、村上市、関川村は村上圏域の冬期道路交通確保と、建設業界の将来の担い手確保を図ることを目的に『村上圏域合同除雪出動式』を令和3年度より実施している（写真1）。

合同除雪出動式には村上市長、関川村長、各道路管理者、除雪作業受注者代表者のほか、村上市内の小学生に出席してもらい、児童代表から除雪作業受注者代表者に激励もらった。



写真1 小学生と道路管理者・除雪作業受注者代表者

2.3 大型車チェーン装着指導訓練

当事務所と新潟県村上警察署、除雪作業受注者、一般社団法人新潟県建設業協会村上支部は『大型車チェーン装着指導訓練』を実施した。

訓練では、チェーン着脱場への大型車の引き込み方法や指導手順の確認、啓発チラシの配布を行った（写真2）。



写真2 大型車チェーン装着指導訓練

2.4 立ち往生車両移動訓練

前述の大型車チェーン装着指導訓練に合わせて『立ち往生車両移動訓練』を実施した。

訓練では、立ち往生車両に見立てた大型車をけん引用に配備した除雪車でけん引し、排除する実働訓練を行った（写真3）。



写真3 立ち往生車両移動訓練

2.5 雪害時の乗員保護活動訓練

当事務所と国土交通省北陸地方整備局、国土交通省北陸地方整備局北陸技術事務所、国土交通省北陸信越運輸局、新潟県、村上市、東日本高速道路株式会社、新潟県警察本部、村上市消防本部、イオン株式会社、一般社団法人オフロードビークル協会、新潟県旅館ホテル生活衛生同業組合、一般社団法人新潟県建設業協会は、国が管理する道路において、積雪に伴う大規模な立ち往生が発生した場合に備え、『雪害時の乗員保護活動訓練』を実施した。

訓練では、発災後の初動対応手順、情報収集・伝達・共有の体制および関係機関との連携について確認を行った（写真4）。



写真4 雪害時の乗員保護活動訓練



写真5 国道7号予防的通行規制

3. 昨冬の取り組み

3.1 昨冬の概要

昨冬は12月中旬から下旬と1月下旬に強い寒波によりまとまった降雪となったが、そのほかは断続的な降雪が続き、ほぼ平年並みの降雪量となった。

12月中旬の降雪は、ほぼ積雪がない状態から短期間に強い降雪があり急激に積雪が増えたが、このような降雪初期にまとまった降雪となる降雪パターンは、記録が残っている昭和35年以降あまり例がなく極めて特異な降雪傾向であった(図3)。

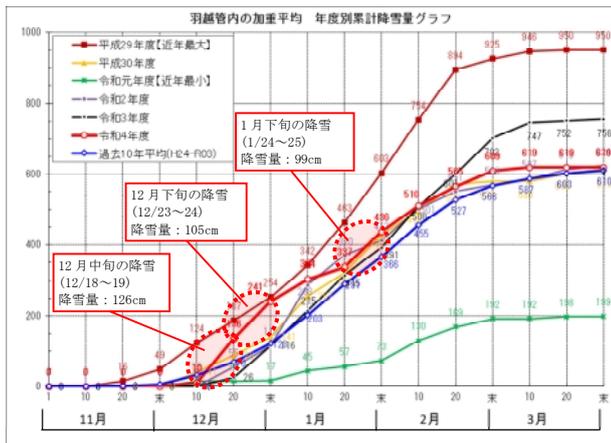


図3 羽越管内の加重平均年度別累計降雪量



写真6 日東道集中除雪

3.2 予防的通行規制の実施

令和4年12月中旬と下旬および令和5年1月下旬の大雪時に、国道7号村上市大須戸から上大鳥間および日東道で、大規模車両滞留を防止するため予防的通行規制を行い、集中除雪を実施した(写真5)(写真6)。

これにより、車両滞留が発生することなく除雪作業を円滑に行うことができたことから、大規模車両滞留を防止し、社会的影響を最小限にするためには“早めの予防的通行規制と集中除雪、早期規制解除”が有効であったと考える。

3.3 自治体へのリエゾン派遣

令和4年12月下旬の寒波では村上市等を中心に大雪となり、雪による倒木の影響により村上市内の複数箇所道路が通行止めになったほか、電力線が断線したことにより多くの家屋等が停電した。

そこで、当事務所から村上市へリエゾンを派遣し情報収集や自治体要望の聞き取り等を行った。

3.4 自治体支援用ハンドガイド式除雪機の貸し出し

国土交通省では、令和4年度より各地方整備局に配備するハンドガイド式除雪機の地域への無償貸し出し等により除雪への支援を行っている。

当事務所ではハンドガイド式除雪機1台を村上市へ無償で貸し出し、令和4年8月豪雨水害の被災者が暮らす仮設住宅等で使用された(写真7)。



写真7 自治体支援用ハンドガイド式除雪機による除雪状況

3.5 新聞広告の掲載

地元紙2紙に12月初めから2月末までの各8回、早めのタイヤ交換等の冬支度や大雪時の出控えを促す広告を掲載した。

3.6 防災行政無線の活用

通行規制実施時に自治体の協力を得て防災行政無線で市民への周知を行ったほか、自治体の防災メールマガジンで通行規制情報を配信していただいた。

3.7 Twitterの投稿

当事務所公式Twitter（現「X」）で、冬期間は毎日朝と夕方に“気象予測”や“道路状況”を投稿したほか、通行規制実施時は1～2時間毎に“道路状況の経過”や“通行規制の解除見込み”等を投稿した。

なお、1月24日の通行規制時に投稿したツイートは、約6万回のインプレッション（ツイートを見た回数）があった。

3.8 ポスター、チラシの掲示と配布

道の駅等に大雪時の出控え広報ポスターを掲示、早めのタイヤ交換等の冬支度を促すチラシを設置したほか、村上市全戸に大雪時の出控え広報チラシを回覧した。

また、通行規制実施時は道路上での滞留を防止するため、Uターンや道路外への待避を要請する『Uターンチラシ』を作成し、ドライバーに配布した（図5）。

Uターンチラシにはドライバーの意見要望から、“待避場所情報”のほか、“道路情報”や“気象情報”を入手するためのTwitterアカウントやwebページのQRコード（二次元コード）を記載した。

従来は口頭での説明であったが、Uターンチラシの配布によりUターンや道路外への待避の協力が得られ効果

的であった。

なお、Uターンチラシは雪で濡れることを考慮し耐水紙で作成した。



図5 ドライバーへ配布したUターンチラシ

4. 課題

大規模車両滞留を防止するにはスタック車が発生する前に予防的通行規制を実施し、速やかに集中除雪を完了させ、短時間で規制解除をすることが望ましいが、通行規制を行うと少なからず社会的影響がある。

この社会的影響を最小限に抑えるよう関係機関と連携して除雪作業や外出控え等の広報活動を実施していくことが必要である。

また、スタック車の多くは“タイヤチェーンを装着していない大型車”であることから、スタックを減らすためには大型車等へのタイヤチェーン装着を徹底することが極めて重要である。

タイヤチェーン装着を徹底するため、当事務所では関係機関と協力して、広報活動や大型車チェーン装着指導等の取り組みを引き続き実施していく。

5. おわりに

村上圏域は令和4年8月豪雨水害で甚大な被害を受け、当事務所管理の国道7号も大雨による事前通行規制や道路冠水による通行規制を実施した。

冬期だけでなく通年で関係機関との連携強化を図るとともに、過去の災害や集中的な降雪による交通障害の発生から得た教訓を生かし、道路交通確保に努めて参りたい。

最後に、一般社団法人新潟県建設業協会村上支部、および北陸防災エキスパートの方々には、昨冬の対応にあたり多大なご協力をいただきました。

ここに感謝の意を表します。

大雪時の道路交通確保対策に関する近年の実施状況 令和3年冬期以降の対応状況

原野 崇*1 小俣 元美*1

1. はじめに

近年、短期間の集中的な大雪により、幹線道路上で大規模な車両滞留が発生するケースが発生している。このため国土交通省道路局が設置した冬期道路交通確保対策検討委員会は「大雪時の道路交通確保対策中間取りまとめ（令和3年3月改訂版）」（以下、「中間取りまとめ¹⁾」とする。）において、大雪時に幹線道路上の大規模な車両滞留を回避する新たな方針を提言した。これは『高速道路と並行する国道を同時通行止めにしないうなど道路交通ネットワークの断絶を極力避ける』という従来の方針を転換し、人命を最優先に『広範囲な通行止めや高速道路と並行する国道等の同時通行止めも躊躇なく実施する』など、新たな対応方針を提言する内容であった。これを受けて地方整備局や高速道路会社等の道路管理者は、提言に沿った新たな対応方針で冬期道路管理に当たることを記者発表するなど、各地の状況に則した対応をとっている。

本稿では、各地域の道路管理者の冬期道路管理における新たな方針への対応状況、および令和3年度の冬期道路管理の実施状況について情報収集・整理した結果を報告する。

2. 調査内容

各地方整備局や高速道路会社等の道路管理者が令和3年以降、冬期道路管理に関する新たな対応方針について発表した事例について整理した。また、令和3年度の冬期道路管理で大雪対応を行った事例について、道路管理の対応状況や情報発信等について整理するとともに、各地方整備局からのヒアリングを行い、その結果を取りまとめた。なお、ヒアリングの実施時期は令和5年2月である。

3. 調査結果

3.1 新たな対応方針の発表事例

中間取りまとめを受けて新たな方針が地方整備局等や関係機関から発表されている。記者発表等の公開資料を基に情報収集・整理した。

新たな対応方針での取り組みについて本局が記者発表を行った事が確認できたのは北陸²⁾、中部³⁾、近畿⁴⁾

の3地方整備局で、地域を管轄する高速道路会社等と合同で実施していた（表1）。

また、その他の発表方法として以下のような事例が確認された。

- i) 管内で大雪が予測された際に道路利用者へ注意を呼びかける記者発表の中で、予防的通行規制や、高速道路と並行する国道の同時通行止めを行う可能性があることを説明（東北地方整備局、関東地方整備局）
- ii) 管内の冬の道路情報を取りまとめた「冬道ポータルサイト」を開設し⁵⁾、その中で予防的通行規制や広範囲での通行止め、高速道路と並行する国道の同時通行止めを行う可能性について言及（関東地方整備局）
- iii) 国道事務所のホームページ内に、高速道路と並行する国道の同時通行止めを行う際のタイムラインや、その際の広域迂回路について掲載（東北地方整備局 仙台河川国道事務所）

その他、国道事務所と地元自治体や警察などの関係機関で冬期道路管理に関する連絡会を設置しており、この会合の中で情報共有を行っている事例が見られた（各地方整備局）。

以上のように、冬期道路管理の新たな対応方針について、各道路管理者からそれぞれ地域の実情に即した発表がなされたものとみられる。

3.2 令和3年度冬期の道路交通確保状況

各地方整備局等管内における令和3年度冬期の道路交通確保策の実施状況について調査した。

大雪による道路交通障害が発生した際の、①予防的通行止め及び同時通行止めの実施の有無、②車両の立ち往生等、道路交通障害の発生の有無、および③通行止め以外の新たな対策等、の観点で整理した（表2）。なお、③については各地方整備局からのヒアリング結果を取りまとめたものである。

北海道、北陸、及び関東地整管内では豪雪前の予防的通行止めを実施しており、東北、関東、中部及び近畿地

*1 国土技術政策総合研究所社会資本マネジメント研究センター 建設経済研究室

表 1 地方整備局が関係機関と合同で記者発表した事例

地方整備局	北陸	中部	近畿
発表日	R3. 11. 9	R3. 11. 26	R3. 1. 25
合同発表者	北陸地方整備局道路部 NEXCO 東日本新潟支社	中部地方整備局道路部、 中部運輸局総務部、 名古屋气象台、 NEXCO 中日本名古屋支社	近畿地方整備局道路部 NEXCO 中日本金沢支社 (福井県冬期道路情報 連絡室臨時会議)
1. 予防的通行止めに関する方針	一部 IC の予防的閉鎖に加え、複数 IC 間にまたがる広域的な通行止めの可能性	計画・予防的な高速・国道の通行止め実施の可能性	交通状況等を踏まえて通行止めを実施。通行止めにあたっての対応方針等
2. 高速道路と国道の同時通行止めに関する方針	高速道路と並行する国道の同時通行止めも含め、躊躇ない通行止めを実施する	交通状況、降雪状況に応じて高速道路と並行する一般国道などの同時通行止めを躊躇なく実施する	北陸道と国道 8 号の同時通行止めの実施
3. 関係機関との連携・情報共有に関する方針	大雪が予想される場合には事前に情報連絡本部を設置、関係者間の調整を図る	関係 4 機関の分担や各段階の行動計画策定における連携について	応援要請に関する方針、連絡室や沿線自治体との情報共有について
4. 情報提供に関する方針	事前の情報提供頻度の強化、緊急発表の前倒し、SNS アカウントを利用した情報提供手段強化などについて	事前の段階的な情報提供、同時通行止めを含む計画的、予防的通行規制の予告実施について	滞留発生時の現地での情報提供のほか、広域広報の実施方針について

整管内では高速道路と並行する国道の同時通行止めを実施した事例が確認された。

3.3 道路管理者からのヒアリング

ここまでに収集した情報を踏まえ、道路管理者（関東、北陸、中部、近畿、中国、各局の道路管理課の担当者）からのヒアリングを行った。主な内容を以下に示す。

i) 同時通行止めに対する地域からの反応

国道と高速道路の同時通行止めに対して、概ね関係自治体からの強い反対はなかったが、同時通行止めを実施した場合に迂回する交通量が県道へ集中する可能性に対する懸念が関係者から示された。また、同時通行止めができるだけ発生しないような除雪体制強化への要望があった。

また、地方では高速道路や並行する一般道が日常生活で利用されているため、同時通行止めの判断が難しい場合がある、との指摘があった。

ii) 予防的通行止めの実施について

予防的通行止めにより車両の立ち往生を防ぐ効果や、速やかな除雪・早期通行止め解除につながった、との意見があった。また課題として、降雪量の予測は降雨の予測に比べて精度が低く、路面状況の予測はさらに難しいため、予防的通行止めを実施する場合は広報が難しい、との指摘があった。

高速道路と国道の同時通行止めや予防的通行止めについて、実施にあたっての課題はあるものの、「人命を最優先に、幹線道路上で大規模な車両滞留を徹底的に回避する」という「中間とりまとめ」で掲げられた目標にとって有効であると考えられる。

iii) タイムラインの作成について

「中間取りまとめ」の中で、道路管理者等が取組を強化すべきソフト的対応として「タイムライン（段階的な行動

計画)の作成」が挙げられており、各地方整備局における対応状況についてヒアリングした。

表2 令和3年度冬期における道路管理の実施状況(概要)

	予防的通行止め・高速&国道同時通行止めの実施	立ち往生等の交通障害の発生有無	通行止め以外の新たな対策など
北海道	予防的通行止め区間を含む管理国道24路線34区間で通行止めを実施(R4.1.11)。	函館江差自動車道で降雪時の事故による交通障害の発生。	・タイムライン、情報発信の強化 ・除雪体制の強化・整備。 (R3.12.27記者発表 ⁶⁾)
東北	東北自動車道、国道で排雪・除雪を目的とした通行止めや、吹雪・大雪等で視界不良のため通行止めを実施。山形県内で東北中央自動車道と国道13号、国道112号の同時通行止め(R4.2.21)	国道4号等で立ち往生の発生事例。 国道7号(山形県酒田市。R3.12.26など)で車両滞留の発生	高速道路会社との連携強化 情報提供・広報の拡充 広報の新たな取り組みとして、工業団地の企業を訪問し協力依頼を行った。
関東	・国道1号箱根新道での予防的通行止め(R4.3.22)や、関越道と国道17号の同時通行止めなどが実施された。	・首都高速や一般国道で立ち往生やスリップによる事故が発生。 ・関越道：雪で走行不能のトレーラーによる車線閉塞で464台が滞留。 ・国道17号：関越道からの迂回車両による渋滞発生、交通集中防止の通行止め	冬道ポータルサイトの開設、SNSの活用など情報発信の拡充。 関係機関とタイムラインについての情報交換や、雪害体制時の情報共有を実施
北陸	関越自動車道において、計画的IC閉鎖(予防的通行止め)を実施(R3.12.26~28)。	関越自動車道で立ち往生及び立ち往生等に起因する車両滞留が11件発生。このうち路面積雪が要因となった立ち往生も2回発生。	チェーン指導訓練や気象道路状況に応じた情報発信などのソフト対策に加えて、消雪パイプの設置などのハード対策を行っていた。
中部	名神高速道路と並行する国道21号の同時通行止めを実施(R3.12.26~28)	国道21号において、立ち往生の発生事例を確認。	記者発表による呼びかけ等により一定の出控え等や広域迂回があり効果があったと考えられる。
近畿	国道8号と北陸道の並行区間を同時に通行止めしている事例(R3.12.25)がみられた。	北陸道や国道8号で立ち往生や雪に起因する事故の発生事例。	タイヤ規制を実施し、合わせてSNS等で情報発信を行っていた。
中国	排雪・除雪を目的とした通行止めは実施された。事前通行止めや同時通行止めはなかった。	高速道路上での立ち往生の発生事例。	降雪期前にタイムラインを作成し除雪体制や関係機関との連携を拡充

いずれの整備局においてもタイムラインは作成済みで、関係者間の情報共有や連携した対応など、タイムラインを作成した効果が感じられていた。ただし、タイムラインに記載した内容はあくまで基本的な事項で、実施に当たっては気象や交通状況に応じて臨機応変な対応が求められた。また、突発的な降雪への対応が生じた場合は運用に時間を要したケースがあった。こうした課題に対してタイムラインの見直しは適宜行われ、反映されている。また、タイムライン自体は変更しないものの通行止めの判断基準を定量的に示して関係機関の間で共有するなど、運用面での改善を図った事例があった。

iv) その他の対策や課題等

道路管理者からの情報発信については各地整が重視しており、従来からの伝達手段である現地の情報板やラジオに加え、旧 Twitter（※当時。現在の『X』）を使うことでリアルタイム性を高めた事例や、迂回ルートの地図と写真を添付して発信することで道路利用者に分かりやすく伝える、等の工夫が見られた。また、SNS による冬期道路情報の発信を機にフォロワー数が倍増した国道事務所の事例が確認された。スマートフォン等の情報端末が道路利用者にも広く普及しており、これらを活用した道路交通情報の発信は有効であると考えられる。

その他、地整間や NEXCO 各社間との情報連携を密にすることを重視し、WEB 会議システムの常時接続など新たな連絡体制を整備した事例が見られた。

4. まとめ

「中間取りまとめ」の中に以下のような一節がある。

「大型の台風等が接近・上陸する場合等において、鉄道事業者が安全確保の観点から行っている計画運休については、最初は批判があったものの、徐々に社会的な機運が醸成され社会に浸透しつつあることから、このような取り組みも参考にしつつ、大雪時の道路の通行止めに対しても、国民のコンセンサスを形成しながら、より賢く対応していくことが求められる」

事業者の判断により利用が制御可能な鉄道事業や高速道路とは違って一般国道は道路利用者の判断に委ねられる部分が大きく、道路利用者、ひいては国民の理解と協力が一層重要と考えられる。その促進に資すべく研究を進めていきたい。

5. 参考文献

- 1) 冬期道路交通確保対策検討委員会大雪時の道路交通確保対策中間とりまとめ（2021年3月31日改定）（国土交通省 HP）
- 2) 令和3年度 雪氷対策における各種取り組みについて
北陸地方整備局、東日本高速道路株式会社 新潟支社（R3. 11. 9）
<https://www.hrr.mlit.go.jp/road/toprunner/pdf/torikumi.pdf>
- 3) 令和3年度大雪時の道路交通確保の対策方針
中部地方整備局・中部運輸局・名古屋地方気象台・NEXCO 中日本 合同記者説明会（R3. 11. 26）
https://www.cbr.mlit.go.jp/road/pdf/211126_oshirase.pdf
- 4) 福井県集中降雪を踏まえた対応について
近畿地方整備局道路部・NEXCO 中日本金沢支社：（R3. 1. 25）
https://www-1.kkr.mlit.go.jp/bousai/taiou/kinki/ol9a8v00000362cn-att/20210125-1_1600_fukuisyucyukousetu3.pdf
- 5) 冬期の運転に向けて備えを万全に ～「関東甲信地方の冬道ポータルサイト」を開設しました～
関東地方整備局道路部（2021.11.22 記者発表）
https://www.ktr.mlit.go.jp/kisha/road_00000339.html
- 6) 令和3年度 頻発する暴風雪を踏まえた今冬の取り組みについて（2021年12月27日、北海道開発局 HP）
<https://www.hkd.mlit.go.jp/ky/release/slo5pa00000050th-att/slo5pa000000f0zd.pdf>

風による雪の移動を考慮した融雪流出解析

山田嵩*1 柿沼孝治*1

1. はじめに

積雪寒冷地において積雪は非常に重要な水資源であり、春から夏にかけて長期間安定した水を供給している。このため、山間部における積雪分布を推定し融雪期のダム流入量を正確に予測することは、水資源管理及び防災の面で重要である。ダム管理の現場において流域の積雪水量を推定するために積雪調査が行われているが、冬季に直接入山する必要があり、調査可能な地点が限られ、雪崩等の危険と多大な労力を伴いコースや時期によって結果が左右される²⁾。

また、山地斜面における降雪は、風、重力、地形の影響を受けて再分配される³⁾しかし、この影響は一般的な融雪流出解析モデルや流域の積雪水量推定では考慮されていない。これに対して、山田ら⁴⁾は忠別ダム流域を対象に、Alpine3D⁶⁾を用いて、風による雪の移動を考慮した積雪量推定及び融雪流出解析をそれぞれ行っている。

本稿ではこれらの山田ら⁴⁾による風による雪の移動を考慮した積雪シミュレーション及び融雪流出解析の成果について紹介する。

2. 対象領域

本研究での対象領域は、北海道の中央部に位置する流域面積238.9 km²の忠別ダム流域である。忠別ダムの森林限界は概ね1450 m付近である。流域周辺では気象庁・国土交通省の管理する気象観測所が複数存在し、旭岳ロープウェー姿見駅では、複合気象センサー（VAISALA社製WXT536）を設置して2017年8月から気象観測を実施している。姿見駅にて観測している気象要素は、気温、湿度、風向・風速、気圧、降雨量である。対象領域周辺の標高分布を図1に示す。図中の■は気象観測点を表している。

3. 積雪シミュレーション

風による雪の移動を考慮した積雪シミュレーションには、スイス連邦雪・雪崩研究所により開発された3次元の積雪・地表面モデルである、Alpine3Dを用いた。

山田ら⁴⁾ではAlpine3Dの計算を風・地形の影響を考慮した「風あり計算」及び考慮しない「風なし計算」の2種類を行っている。「風あり計算」において、Alpine3Dに搭載されているWinstral⁷⁾を用いて風による雪の再分配を考慮している。Winstralは地形と風の影響を考慮してメッシュの降水量を計算するアルゴリズムであり、地形ベースのパラメータによる統計モデルである。

Alpine3Dへの入力データには標高、土地の被覆情報及び気象データ（降水量、気温、湿度、風速・風向及び長短波放射量）が必要である。標高データには国土地理院の基盤地図情報10mメッシュ（標高）を、土地の被覆情報には環境省の自然環境保全基礎調査の結果を基にした植生分布を用いている。気象データには姿見駅での観測値、対象領域周辺の気象庁アメダス及び国土交通省による気象観測値を用いた。データの時間解像度はいずれも1時間である。空間分布は基本的には逆距離荷重法により作成している。

計算期間は2017年11月1日1時から2018年4月30日24時までである。計算範囲は忠別ダム流域が収まる範囲として図-1中の内側の黒枠線として設定した。またAlpine3Dでの解像度は計算負荷を考慮して150 mメッシュとした。

積雪水量の分布図は図2に示す。図2を見ると、風なし計算では標高分布と概ね一致している一方で、風あり計算では特に森林限界以上の領域において、標高分布とは大きく異なっている。紫枠線においては大雪ダム側の積雪水量が大きいことが分かる。また、青枠線においては、流域内だが、局所的に積雪水量が大きいことが確認できる。

これは、風なし計算では標高分布と概ね一致しており、積雪水量が標高比例した結果と考えられる。風あり計算において積雪水量が局所的に大きくなっている紫枠線の領域は流域境界であり、風により雪が大雪ダム側へと移動した事が理由と考えられる。また、流域内の青枠

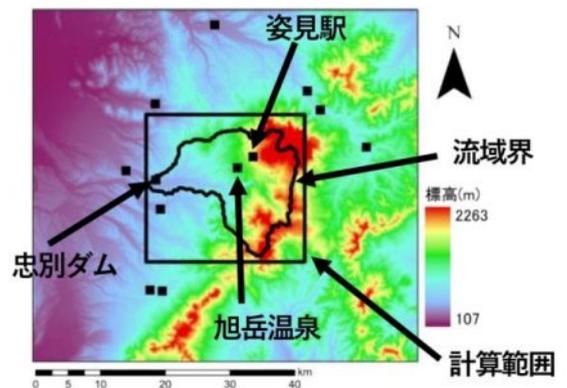


図1 対象領域周辺の標高分布（山田ら⁴⁾より改変）

*1 国立研究開発法人土木研究所寒地土木研究所

線の領域は忠別ダムにおける最高標高の領域であり、局所的な吹き溜まりが生じた事で積雪水量が大きくなったと考えられる。

4. 融雪流出解析

融雪流出解析の基礎モデルには菅原⁸⁾のタンクモデルを用いている。本研究では4段のタンクモデルを用いている。最上段のタンクへの入力量は、降雨量と融雪量の和から蒸発量を引いた値である。各タンクの貯留量が一定の高さを超えていれば、側面の穴から流出が発生し、各タンクの流出量の総和が流出モデルの流出量となる。

本研究では、Alpine3Dの計算に用いたメッシュから忠別ダム流域を抽出して、メッシュ毎に融雪量や流出量を計算している。ただし、メッシュ間の水の移動は考慮しておらず、流出量は全メッシュの平均値である。

融雪モデルは小池ら⁹⁾のモデルをベースにしており、長波放射モデルには太田のモデル¹⁰⁾を、アルベドモデルは山崎ら¹¹⁾のモデルを、蒸発モデルにはマッキンク式¹²⁾を用いているが、詳細は山田ら⁹⁾を参照の事。

計算期間は、2010年1月1日から2018年月30日までであり、10月1日から9月30日を1水文年とした。2010年1月1日から2015年9月までを流出解析モデルの状態変数を安定させるための助走期間とし、2015年10月から2018年9月を解析期間としている。解析期間の内、2016水文年をモデルパラメータの同定期間とし、2015水文年にて流出解析モデルの再現性検証、2017水文年にてAlpine3Dの計算結果による補正処理を行った。モデルパラメータの同定は試行錯誤的に行っており、詳細な結果は山田らを参照の事。

入力データに関しては前述のAlpine3Dによる積雪シミュレーションと基本的には同様のため割愛するが、空間分布の作成において最近隣法をベースにしている点が異なる。Alpine3Dによる積雪水量の補正は、風あり計算及び風なし計算の2018年3月22日12時時点での計算結果を、融雪流出解析モデルに反映させる事で行っている。具体的には流出解析モデルでの積雪水量を、Alpine3Dにより計算された積雪水量で置換する処理を行っている。この補正処理は全メッシュを対象とした場合及び森林限界以上の高標高帯メッシュを対象とした2パターンを行っている。パターンの定義を表1に示す。

ダム流入量の再現性検証にはNash and Sutcliffeの効率係数¹³⁾ (以後、NS値という)を用いた。NS値は1に近ければその値が1に近いほどモデルの精度はよいとされ、0.7以

表1 計算パターンの定義 (山田ら⁵⁾より)

計算パターン	補正処理
オリジナル計算	なし
風あり補正計算1	風あり計算による補正を全メッシュに実施
風あり補正計算2	風あり計算による補正を高標高帯メッシュに実施
風なし補正計算1	風なし計算による補正を全メッシュに実施
風なし補正計算2	風なし計算による補正を高標高帯メッシュに実施

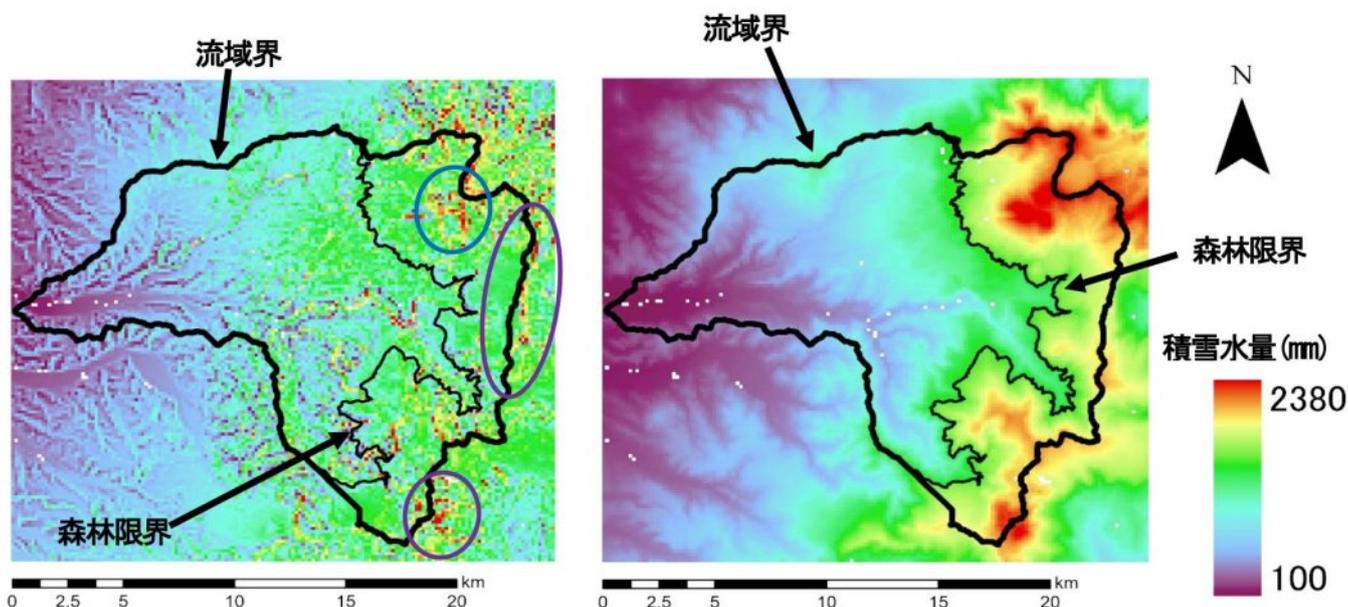


図2 積雪水量の分布図 左：風あり計算、右：風なし計算 (山田ら⁴⁾より改変)

上でモデルの再現性が高いとされている¹⁴⁾。NS値の計算式を式(1)に示す。

$$NS = \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Q_{cal}(i) - Q_{obs}(i))^2}{\sum_{i=1}^n (Q_{obs}(i) - Q_{ave})^2} \right) \quad (1)$$

ここで、NSはNS値、 Q_{cal} は日平均計算ダム流入量(m³/s)、 Q_{obs} は日平均実測ダム流入量(m³/s)、 Q_{ave} は計算期間中の実測ダム流入量の平均値(m³/s)である。NS値の計算は融雪期と考えられる4月1日から7月31日までを対象とした。計算は1時間毎の計算値を日平均値に変換して行った。また、水収支についても検証を行っており、水収支誤差(%)は式(2)で計算している。

$$E = \left(\frac{\sum_{i=1}^n Q_{cal}(i) - \sum_{i=1}^n Q_{obs}(i)}{\sum_{i=1}^n Q_{obs}(i)} \right) \times 100 \quad (2)$$

構築した流出解析モデルの再現性検証を行った2015水文年におけるNS値は0.75、水収支誤差は-2.26%であり、本研究にて構築した流出解析モデルの再現性は良好であるといえる。計算結果は図3に示す。図3を見ると計算値は融雪初期にて過小評価となっているものの、概ね実測値を再現できている。表2には2017水文年における計算値一

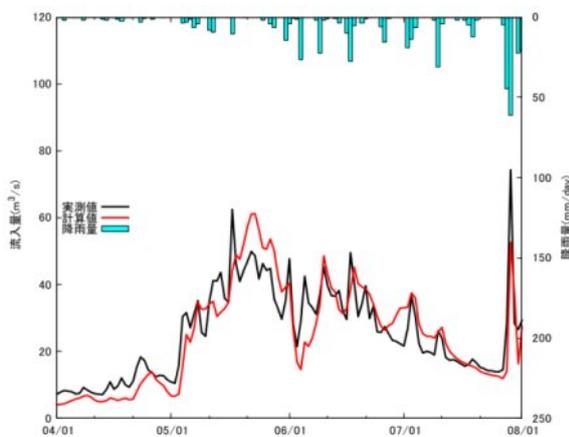


図3 ダム流入量の計算結果 2015 水文年 (山田ら⁵⁾より)

覧表を示す。2017水文年では風あり補正計算1、2共にオリジナル計算よりもNS値が高くなり、再現性が向上したことが分かる。これは、Alpine3Dの計算結果を反映した事により、主に森林限界以上の高標高帯の積雪水量が、実際の積雪水量分布に近くなったためと考えられる。ただし、水収支誤差においては特に風あり補正計算2の再現性が低下している。

2017水文年におけるダム流入量の計算結果を図4に示す。2017水文年ではどの計算結果においても、計算値は実測値を再現できているが、ピーク値を過大評価している。一方で、風あり計算補正計算ではピーク値の再現性が多

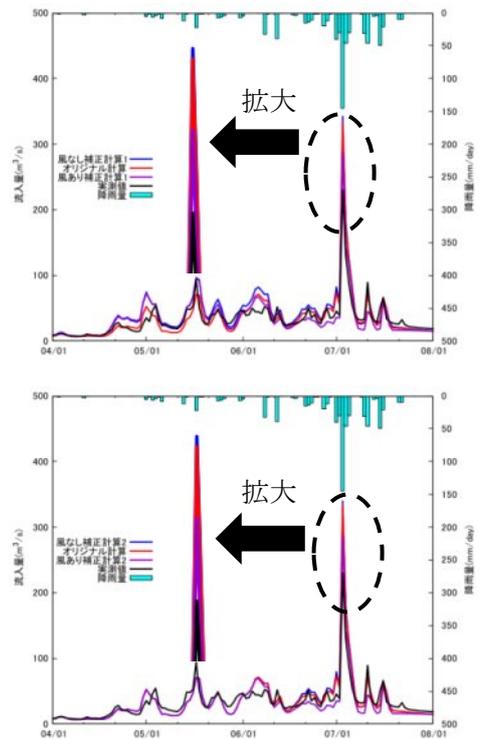


図4 ダム流入量の計算結果 (2017 水文年)
上：補正計算1、下：補正計算2 (山田ら⁵⁾より)

表2 2017 水文年における計算値一覧表 (山田ら⁵⁾より)

指標	オリジナル計算	風あり 補正計算 1	風あり 補正計算 2	風なし 補正計算 1	風なし 補正計算 2
NS 値	0.68	0.73	0.78	0.52	0.65
水収支誤差	3.37 %	3.57 %	-9.65 %	24.3 %	4.27 %
計算流入量	1514 mm	1517 mm	1323 mm	1820 mm	1538 mm
実測流入量	1464 mm (融雪期のみの総和)、2491 mm (水文年全体の総和)				
降雨量	1258 mm (水文年全体の総和)				
降雪量	1779 mm (水文年全体の総和)				
蒸発散量	815 mm (水文年全体の総和)				

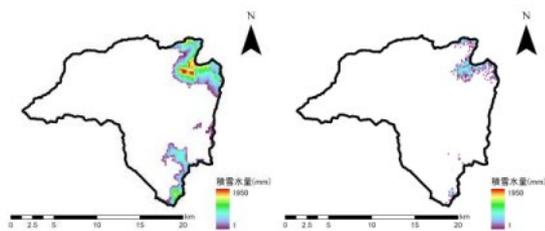


図5 ピーク流入量発生時の積雪水量分布 (2017 水文年)
左：オリジナル計算 1、右：風あり補正計算 2
(山田ら⁵⁾より)

少なりとも向上している。これは、ピーク流入量発生時の積雪水量分布が改善したためと考えられる。実際にピーク流入量発生時の積雪水量分布 (図5に示す) を確認してみると、オリジナル計算に比べて風あり補正計算2の積雪水量が明らかに少ない事が確認できる。さらに、積雪水量が確認できるのが高標高のみである事及び風あり補正計算2の水収支誤差が大きくなっている事から、Alpine3Dの積雪水量は高標高帯にて過小評価である事が考えられる。逆に森林限界以下の領域においては過大評価の可能性がある。

5. まとめ

本論文では山田ら⁵⁾による風による雪の移動を考慮した融雪流出解析について紹介した。融雪流出解析において風による雪の移動を考慮する有効を示しており、融雪期におけるダム管理の高精度化が期待される。また、山田ら¹⁵⁾により AI を用いた融雪期のダム流入量予測が行われており、今後は AI 技術も併用して融雪期のダム流入量予測の高精度化を目指す予定である。

謝辞：ワカサリゾート(株)旭岳事業部 (旭岳ロープウェイ) のご協力で観測機器を設置させて頂いた。また、気象データの一部は国土交通省から提供を受けた。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 小野延雄、石川信敬、新井正、若土正暁、青田昌秋：雪氷水文現象 (基礎雪氷学講座VI)、前野紀一・福田正巳編、古今書院、p17、1994.
- 2) 水文・水資源学会編集出版委員会：積雪寒冷地の水文・水資源、信山社サイテック、p5、1998.
- 3) 上石勲：2017年3月27日に栃木県那須町で発生した雪崩災害に関する調査研究、平成29年度科学研究費補助金 (特別研究促進費) 研究成果報告書、2018.

- 4) 山田嵩、西原照雅、村上泰啓：忠別ダム流域における降雪の再分配を考慮した積雪水量の推定、河川技術論文集第26巻、pp.655-660、2021.
- 5) 山田嵩、西原照雅、村上泰啓：忠別ダム流域を対象とした雪の再分配を考慮した融雪流出解析、土木学会論文集B1 (水工学) 77巻 2号、p. I_1369-I_1374、2021.
- 6) Michael Lehning, Ingo Völsch, David Gustafsson, Tuan Anh Nguyen, Manfred Stähli, Massimiliano Zappa: ALPINE3D: a detailed model of mountain surface processes and its application to snow hydrology, Hydrological Processes, 20, pp.2111-2128, DOI: 10.1002/hyp.6204, 2006.
- 7) Adam Winstral, Kelly Elder, Robert E. Davis, Spatial Snow Modeling of Wind-Re-distributed Snow Using Terrain-Based Parameters, Journal of Hydrometeorology, Volume 3, pp.524-538, DOI: https://doi.org/10.1175/15257541(2002)003<0524:SMOWR>2.0.CO;2, 2002.
- 8) 菅原正巳：水文学講座7流出解析、共立出版、1972.
- 9) 小池俊雄、高橋裕、吉野昭一：融雪分布のモデル化に関する研究、土木学会論文集、1985.
- 10) 太田岳史：森林内外における積雪面上の純放射量の推定と表層融雪量、水文・水資源学会誌、Vol.5、NO.4、pp.19-26、1962.
- 11) 山崎剛、田口文明、近藤純正：積雪のある森林小流域における熱収支の評価、天気、41(2)、pp.71-77、1994.
- 12) Makink GF.; Ekzamen de la formula de Penman. Netherl.J. Agric. Sci. 5: pp.290-305, 1957.
- 13) Nash JE, Sutcliffe JV.: River flow forecasting through conceptual models part I-A discussion of principles, Journal of Hydrology, Vol.10, No.3, pp.282-290, 1970.
- 14) 日本学術会議：回答 河川流出モデル・基本高水の検証に関する学術的な評価—公開説明会— (質疑)、p.10、2011.
- 15) 山田嵩、阿部真己、滝口大樹、柿沼孝治：深層学習を用いた融雪期のダム流入量予測、土木学会論文集B1(水工学)、Vol. 78、No. 2、pp. I_151-I_156、2022.

エア－式遮断機の追加整備効果の検証

秋田隼希 *1 中島賢治 *2 長原俊介 *3

1. はじめに

NEXCO中日本金沢支社管内では雪による自力走行不能車両や滞留車両が発生した際、速やかな本線通行止めを実施し、大規模滞留車両の発生を抑制する目的で、2021年度より簡易な規制装置（エア－式遮断機）を整備している。当初整備した箇所では本線への車両流入の検証を行った結果、約80%の進入を防ぎ、一定の効果を得られたものの、残りの約20%がすり抜けて通行止め内へ流入したことが課題であった。また、2022年度整備箇所において、トンネルが連続している区間では、特設情報板を設置できる箇所がなく通行止めの事前案内ができない等の課題もあった。これらの課題改善として実施した、本線ノーズ部中央分離帯側へのエア－式遮断機の追加設置およびトンネル内でのプロジェクターによる通行止め案内標示について、導入に向けた検討と実際の運用時の効果検証を行ったので報告するもの。

エア－式遮断機は、遠隔操作によりバルーンに空気を送り込んで膨らませることにより、簡易的且つスピーディーに規制を行うことができることから、カメラで監視しながら物理的閉鎖（矢印板等による規制）が可能である。また、バルーンは布製で、車両が誤って接触しても安全なつくりになっている。これまで同種の遮断機は、SA・PA、JCTランプの閉鎖では用いられてきたが、高速道路本線上への設置は全国でも初めての事例であった。



写真1. エア－式遮断機作動状況

2. エア－式遮断機導入の背景

雪による通行止め事象が発生した際、迅速な通行止めを実施し、大規模滞留車両の発生を抑制することが重要である。しかし、従前の通行止め閉鎖には区間にもよるが物理的閉鎖（矢印板等による規制）を実施するまでに約25分程度の時間を要しており、情報板による通行止めの情報提供は行っていたものの、通行止め区間内へ約50%の一般車両の流入を許していた。（図1）問題点として、情報板およびICでの通行止め開始から本線の物理的閉鎖完了までに時間を要する、渋滞等の交通状況の影響を受ける、時間を要する分だけ通行止め区間内への一般車両の流入が増えて滞留車両が増加する等があった。

3. 導入により得られた効果と課題

エア－式遮断機が導入されたことで、これまで約25分かかっていた物理的閉鎖（矢印板等による規制）の所要時間が、約14分程度へと短縮され、約80%の車両が本線から流出した。一方で約20%の一般車両の通行止め区間への流入を許している。理由としては、視認性の不足や長さ不足により完全に物理閉塞していないことや、1台でも通過する車両があると後ろの車両も追従して進入していること等が想定された。



図1. 従前の通行止め時進入想定台数

先頭固定規制
: 除雪車両が低速で走行することで前方に車両のいない空間を作り、車両規制車の作業時間を確保するもの

* 1 中日本高速道路株式会社 金沢支社 高速道路事業部 保全課

* 2 中日本高速道路株式会社 金沢支社 高速道路事業部 保全計画課

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

4. エアー式遮断機の整備計画

エアー式遮断機整備箇所については、過去の大雪時に通行止めが多く発生した区間、予防的通行止め時に端末ICとなる区間を定め、2021年に6箇所の施工を完了し、2022年度においては8箇所の施工を行った。(表1)(図2)

エアー式遮断機の配置については、1インターあたり、追越車線側の中央分離帯に2基、走行車線側のノーズ先端部付近に1基を設置することを標準としたが、今庄IC(上り)および武生IC(上り)では、2021年度に得られた課題改善として、中分側にもすりぬけ防止のために、追加設置(+1基:全4基/箇所)を行った。(図3)

表1. エアー式遮断機整備箇所

整備年度	設置箇所	備考
2021年度	敦賀 IC 上下 丸岡 IC 下り 加賀 IC 上り 金沢森本 IC 下り 小矢部 IC 上り	通行止め区間端末 IC または 大雪重点区間
2022年度	今庄 IC 上り 武生 IC 上り 砺波 IC 上り 滑川 IC 下り 朝日 IC 上り 福光 IC 上下 白川郷 IC 下り	



図2. エアー式遮断機整備箇所

5. エアー式遮断機の使用実績

2021年度においては、使用実績が敦賀IC(上り)での1回に留まったものの、2022年度においては、計3回の通行止め事象時に使用した。(表2)その結果、簡易規制内への流入車両は0台であり、流入を100%防ぐことができたことで、改めてエアー式遮断機による滞留車両の抑制効果を確認できた。エアー式遮断機は、事務所の防災対策室から遠隔操作で作動している。現地に設置したカメラで安全を確認したうえで作動しているため、基地から遠いICで物理閉鎖に時間を要する場所でも、エアー式遮断機を用いて速やかに簡易規制ができる。カメラ確認に要する時間も1分程度であり、実用に問題無いことを確認できた。



写真2. エアー式遮断機使用状況

表2. 2022年度 エアー式遮断機使用実績

2022年 使用実績	1回目	2回目	3回目
日付	12月28日	1月24日	1月30日
路線	東海北陸道	北陸道	北陸道
IC (上下)	白川郷 (下り)	武生 (上り)	今庄 (上り)
すり抜け 割合	0%	不明	0%
流入台数	0台		0台

1回目はトラフィックプロジェクターによる案内箇所
2,3回目は2022年度追加設置箇所(全4基/箇所)

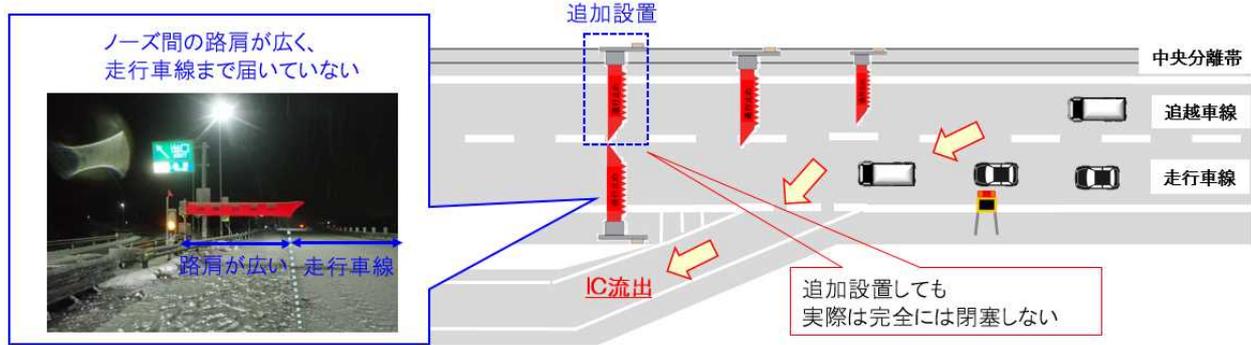


図 3. エアー式遮断機の追加設置位置

6. 暫定 2 車線区間での運用

6.1 プロジェクターによる通行止案内

エアー式遮断機の設置箇所においては、走行するお客様への情報提供のため、インターチェンジ 3km 手前から 500m 間隔で特設情報板をセットとして設置している。しかし、2022 年度に設置した白川郷 IC(下り)においては、暫定 2 車線区間でかつトンネル連坦区間であるため、他の区間と異なり、特設情報板による事前案内ができないという課題が発生した。解決策として写真 3,4 に示すように、プロジェクターを用いてトンネル壁面と車線上に通行止の案内を投影し、お客さまへこの先の通行止め案内を行うこととした。(図 4)



写真 3. プロジェクターによる通行止案内(壁面)



写真 4. プロジェクターによる通行止案内(車線上)

6.2. 一般ドライバーへの周知

エアー式遮断機による規制は一般ドライバーにとっては未知のものであり、安全啓発と周知を図るために、図 5 に示すポスターを作成し、休憩施設等で広報を実施した。



図 5. 広報ポスター

6.3 プロジェクター投影による案内効果

2022 年 12 月 28 日に白川郷 IC ~ 五箇山 IC にて事故通行止めが行われた際に使用した。(表 3)

表 3. エアー式遮断機使用時系列

14 : 45	白川郷 ~ 五箇山 IC 事故通行止め開始
14 : 50	白川郷 IC のエアー式遮断機を使用 簡易規制の完了
15 : 09	交通管理隊による物理的閉鎖開始
15 : 16	物理閉鎖完了

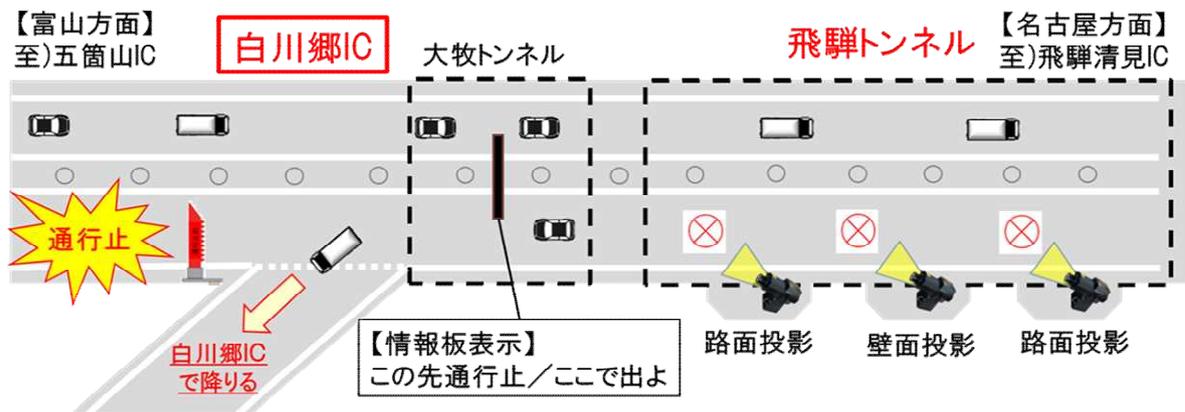


図4. プロジェクターによる通行止案内イメージ

簡易規制が完了してから物理的閉鎖完了までの白川郷IC下り線の通過車両台数は0台であった。流出は110台でこのうち3台は規制内へ流入したものの、後退して流出した。プロジェクターによる通行止め案内およびエアーストッパーの導入効果が確認できた。

7. まとめ

2022年度に雪による通行止め事象発生時にエアーストッパーを使用した箇所において、エアーストッパーの設置完了後に本線へ流入した車両台数は0台であった。すり抜け防止対策（ノーズ部中分側に追加設置）やプロジェクター投影による案内が効果的であったと考えられることから、今後は過年度に整備済である今庄IC（上り）、武生IC（上り）以外の箇所においても同様に、エアーストッパーのノーズ部中分側への追加設置を行っていく。

エアーストッパーは基地から遠いICで物理閉鎖に時間を要する場所でも、速やかに簡易規制ができるため、滞留車両の抑制に有効であることを改めて確認できた。一方で、通行止め開始からエアーストッパーの使用決定までの初動の遅れがあったため、エアーストッパーを使用するタイミングを事務所で事前に周知しておく必要がある。NEXCO中日本金沢支社管内では、今後もエアーストッパーを追加設置予定であるため、通行止め事象を想定した実地訓練などを行い、さらなる安全な運用、滞留車両の削減を目指して改善を図っていく。



図6. 通行止め発生位置図

2 積雪地域分類図の作成 “道路構造令の解説と運用”に基づく積雪地域の分類法

村上雅紀* 1

1. はじめに

積雪地域として代表される北海道と北陸（本稿では北陸3県+新潟県を指す）では、雪の降り方や雪質が大きく異なることが知られている。例えば、北海道の雪としてイメージされる単語はパウダースノー、サラサラ、乾いている、軽いなど、北陸地方の雪としてイメージされる単語はベタ雪、ドカ雪、湿っている、重いなどのように、言葉だけでも随分と印象が異なる。こうした雪質の違いは、雪対策や除雪方法において地域差となって表れる。道路設計を行う際にも、道路構造令より「積雪地域に存する道路の中央帯、路肩、自転車歩行者道及び歩道の幅員は、『除雪』を勘案して定めるものとする」とされているように、雪の降り方や雪質の地域性を十分に理解した上で道路設計することが大変重要である。

そこで本稿では、日本道路協会発行「道路構造令の解説と運用」¹⁾の考え方を参考にし、北海道地方型と北陸地方型の2つの積雪地域を分類することを試みた。

2. 積雪地域の分類法

(1) 雪氷学的なアプローチによる積雪地域の分類

積雪の地域特性（分類）に関するこれまでの研究は、石坂（1996）にまとめられている²⁾。当然の事ながら、雪質は乾雪（乾いた雪）と湿雪（湿った雪）の2種類だけではなく、乾湿の遷移領域にあるような中間的な雪質も存在する。そのため、気象データだけでなく積雪の状態、積雪の断面構造など、様々な観測、観察結果から積雪地域の分類が試みられている。石坂（1996）による分類法においては、基本的に1月の平均気温を指標とし、“湿り雪地域”、“中間地域”、“乾き雪地域”、“しもざらめ雪地域”の4つの積雪地域に分類している。また、12～3月までの冬期間の気候値と標高データを合わせてデータベース化し、乾雪地域と湿雪地域を分類している。この分類では、新潟県から福井県にかけての北陸地方中山間地から平野部を湿雪地域としている。

(2) 「道路構造令の解説と運用」による積雪地域の分類

「道路構造令の解説と運用」¹⁾では、「除雪、融雪方法等を勘案して堆雪幅を確保できるよう定める」とされて

いる。実際に道路の横断面構成は、雪量や雪質の違いに大きく影響を受けるため、積雪地域における道路設計の流れとして、まず特徴の異なる2つの積雪地域に分類されることとなる。同解説では、図1で示されるように1月の平均気温と1月の降水量（平年値）から積雪地域を東北・北陸地方の積雪地域（a地域）と北海道地方の積雪地域（b地域）に大別し、各地域に対応した係数を道路設計に用いている。この係数については詳細を省くが、a地域では高い雪密度、b地域では低い雪密度が係数として用いられ、路肩堆雪幅の算定がなされている。

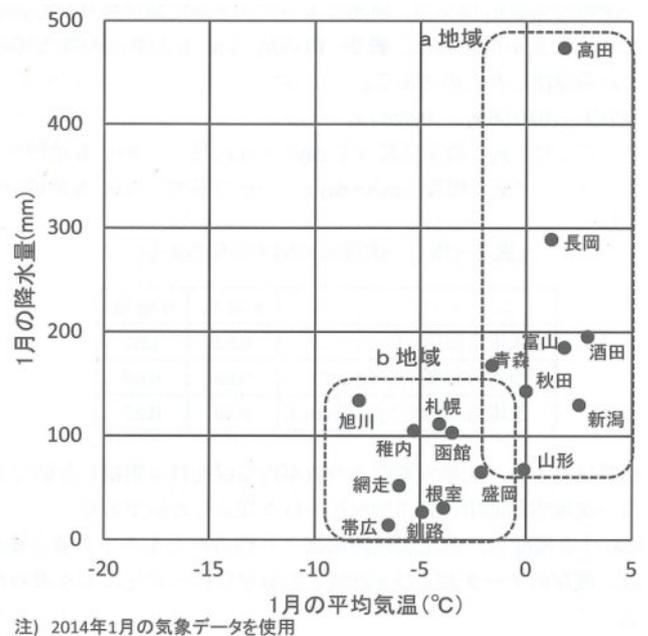


図1 積雪地域の平均気温と降水量¹⁾

2つの積雪地域を分類するために参照される図1は代表的な都市のみ整理されている。北海道あるいは北陸地方の雪の降り方や雪質は特徴的であるため、各々の道路設計者が意識して分類することは少ない。しかし、図に無い都市、山地部から平野部にかけて雪の降り方や雪質が遷移するような箇所、2地域が重なりあった場所の分類方法など、2つの積雪地域の境界付近では技術者の経験や勘に頼る部分が大きいと考えられる。そのため、道路設計や除雪計画を行う上でも2つの積雪地域を分類できるようにしておくことは有用であると考えられる。

* 1 開発技建株式会社 道路計画部

3. 積雪地域の分類

(1) 取り扱う気象データ

積雪地域の分類を行う前に、取り扱う気象データの整理をする。取り扱う気象データは気象庁発表の“1月の平均気温”と“1月の降水量（平年値）”である。平均とは30年間の平均値である。原稿作成時は2023年であるため、1991～2020年の平均値ということになる。また、なぜ1月の平均気温と降水量を採用するのかという話に言及すると、1月は厳冬期だからというのが一般的な回答である。実際にいくつかの積雪地域の気象データを見ると、ほとんどの積雪地域では12～1月に降水量が多く、1～2月に気温が低くなる。そのため、平均気温と降水量（平年値）の関係について12～3月の時系列でプロットすると、図2(a)のように“逆コの字”を描く。このとき、降水量が多く、気温が低くなる月が1月ということになる。ただし、大船渡、宮古、石巻のような東北地方太平洋側では、降水量は12月よりも3月の方が多くなる傾向がある。このような地域では図2(b)のように“ㄷ”字を描く。気温と降水量の傾向が他の積雪地域と異なるため、雪の降り方も異なると考えられるが、今回取り扱った気象データについては1～3月の降雪量に大きな差は見られなかったため、便宜上、東北地方太平洋側についても他の積雪地域と同じく1月の気象データを対象とすることとした。

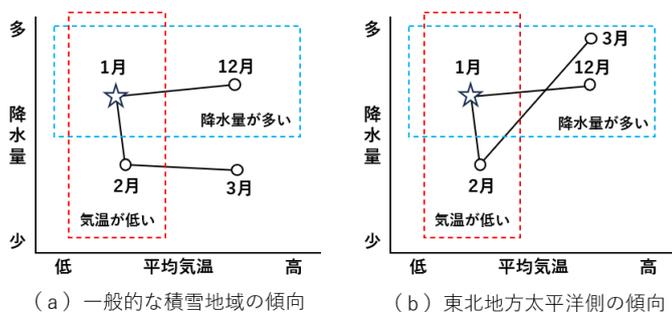


図2 積雪地域の平均気温と降水量の傾向

(2) 北海道地方と北陸地方のデータ分布

図3は北海道地方と北陸地方の気象データのみを用い、平均気温と降水量（平年値）の関係をプロットしたものである。地域を分かりやすくするため、北海道地方は青色、北陸地方（新潟県・石川県・富山県・福井県）を赤色で色別した。その結果、両分布には明瞭な隔たりが見られ、分布の重なりは見られなかった。そこで、道路構造令の考え方に習い、赤印で示される北陸地方型の積雪地域を「a地域」、青印で示される北海道地方型の積雪地域を「b地域」と呼ぶことにする。

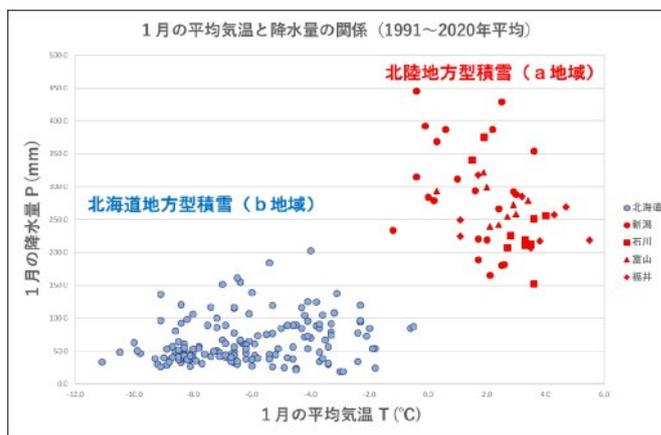


図3 積雪地域の平均気温と降水量（平年値）
（北海道・北陸）

(3) 両データを分ける「乾雪—湿雪」境界線の設定

2つの積雪地域を分類するため、「a—b地域境界線」を設定する。a・b地域の分布間に境界線を通すため、図3上でa地域に近いb地域のデータとb地域に近いa地域のデータを各50標本ずつ選定した後、判別分析を行った。ここで得られた境界線を以下に示す。（図4）。

$$P = -46.8T + 148.3 \quad (\text{式1})$$

ただし、T：1月の平均気温（℃）

P：1月の降水量（平年値）（mm）とする。

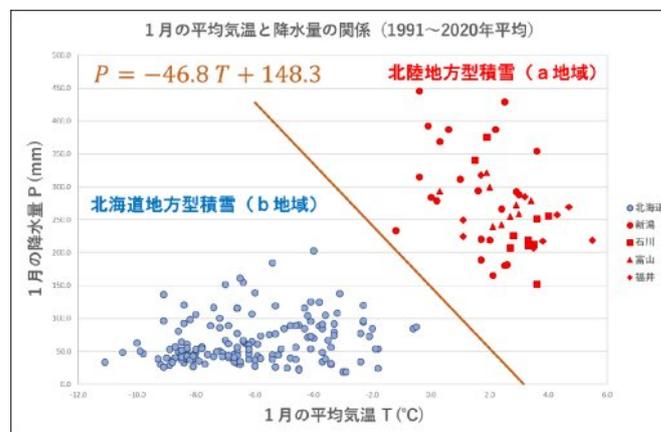


図4 「a—b地域境界線」の設定

この境界線を目安にすると、観測点における平均気温と降水量（平年値）が境界線より右上に来た場合は「a地域」、左下に来た場合は「b地域」と分類できることになる。観測点基準にした場合、式1は以下で表される。

- ① $p \geq -46.8t + 148.3$ のとき「a地域」
- ② $p < -46.8t + 148.3$ のとき「b地域」

ただし、

t: 観測点における1月の平均気温 (°C)

p: 観測点における1月の降水量 (平年値) (mm)

例えば、札幌観測点における1月の平均気温は-3.2°C、降水量 (平年値) は108.4mmである。上式にあてはめると右辺は298.1となるため、②より「b地域」となる。式1の係数については様々な算出法があると考えられるが、今のところ境界付近に位置する以下の3観測点が分類できているため、本式を使って議論する。

- ・新潟県 津南観測点 [-1.2°C, 234.1mm]・・・a地域
 - ・北海道 松前観測点 [-0.5°C, 87.1mm]・・・b地域
 - ・北海道 江差観測点 [-0.6°C, 84.9mm]・・・b地域
- (数字はそれぞれ1月の平均気温と降水量を示す。)

(4) 東北地方のデータ分布

図4では、北海道地方と北陸地方の気象データとの間に空白域が見られる。これは解析上、両地域の間位置する東北地方の気象データを抜いていたためである。積雪地域全域の分布を表現するには、この空白域に東北地方の気象データを重ねる必要がある。図5は図4に東北地方の気象データを反映させたものである。東北地方は広い範囲で「b地域」の傾向を示し、日本海側にある2県(秋田県・山形県)の一部と福島県の一部が「a地域」に分類されていることが分かる。

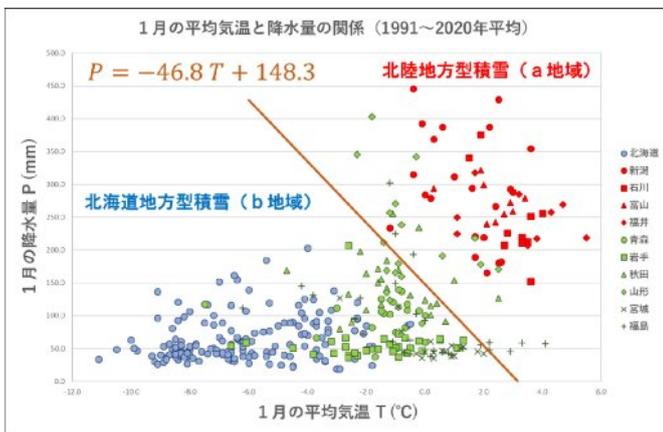


図5 積雪地域の平均気温と降水量 (平年値)
(北海道・東北・北陸)

(5) 東北地方の境界線の検証

図6は各観測点を「a-b地域境界線」で分類し、その結果を地図上で示したものである。比較のため、石坂(1996)が示した4積雪地域分類図を図7に示す。北陸地方から東北地方南部の日本海側では、4積雪地域分類図と同様に「a地域(湿り雪地域)」として表現され

ている。また、福島県の太平洋側では、4積雪地域分類図と同様に2積雪地域分類図でも「a地域(湿り雪地域)」と判定されている。また、4積雪地域分類図で示される「中間地域」については、2積雪地域分類上「a地域」で判定されていることが多く、その結果として日本海側の内陸部まで「a地域」が分布する結果となっている。

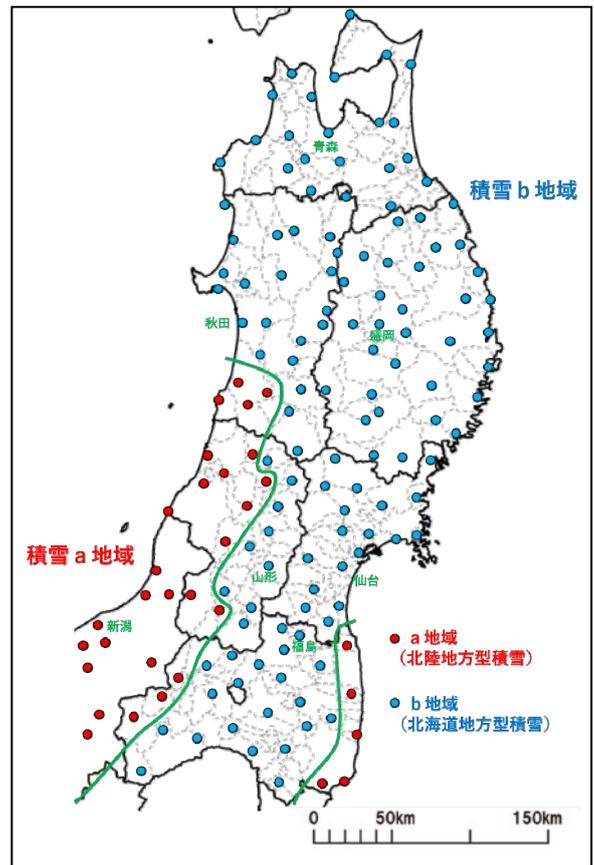


図6 2積雪地域分類図 (東北地方)

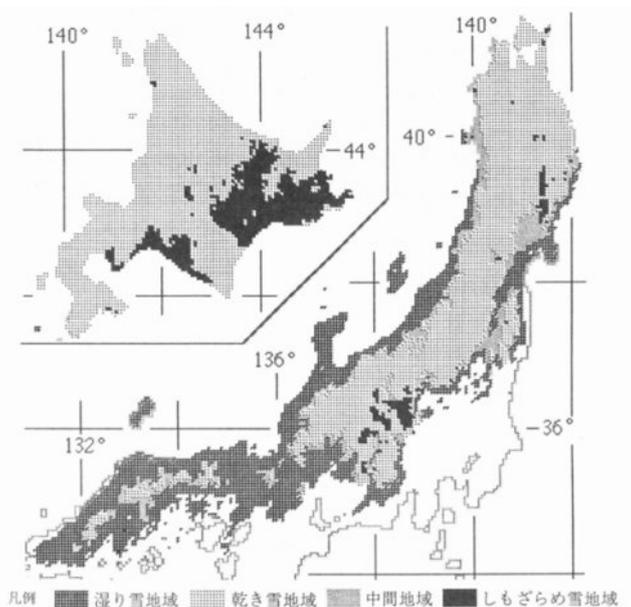


図7 石坂(1996)による4積雪地域分類図²⁾

4. 気候変動による積雪特性の変化

今回作成した2積雪地域分類図(図6)によって、大局的に「a地域」と「b地域」に分離できた。この分類図は、1991~2020年の30年平均値を用いて作られたものであるが、この30年区間の基準年を変えることで平均気温と降水量の時系列変化(以下、“TP時系列変化”と呼ぶことにする)を追うことができる。以下にa・b両地域の傾向を示す。なお、気象データは1872年以降のものを用いているが、都市によって気象観測開始年が異なるため、データが存在しないものがある。

(1) a地域のTP時系列変化

a地域におけるTP時系列変化を図8に示す。1月の平均気温は100年間で1~2°C上昇し、冬期降水量の多い高田では100mmほど降水量が減少していることが分かる。新潟や福井は降雨量がほとんど変わらず気温だけ上昇している傾向にある。

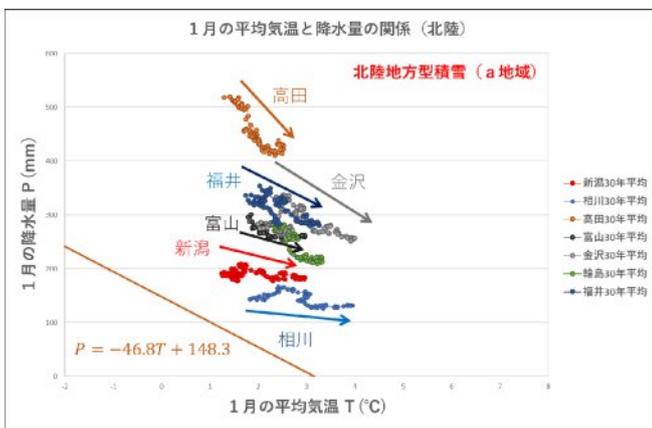


図8 a地域における1月のTP時系列変化図

(2) b地域のTP時系列変化

b地域におけるTP時系列変化を図9に示す。1月の平均気温は100年間で1~4°C上昇し、降雨量がほとんど変わらない地点が多いが、札幌については50mmほど降水量が増えている。

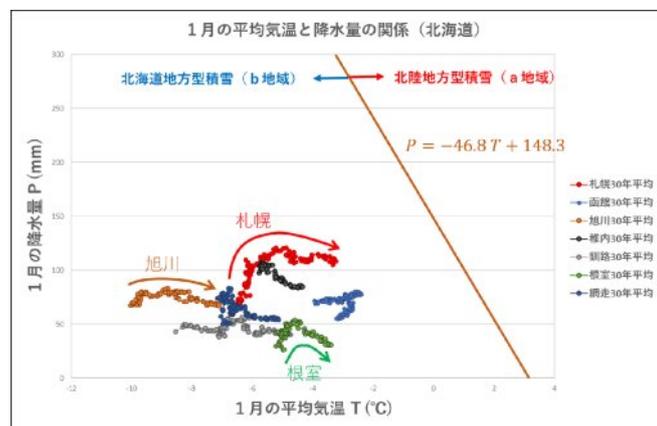


図9 b地域における1月のTP時系列変化図

(3) 温暖化傾向について

1872年以降の気象データによれば、a・b地域ともに温暖化傾向があることが読み取れた。とりわけb地域については、30年平均値が「a-b地域境界線」に近づいているため、今後もこの温暖化傾向が続いた場合、北陸型の湿った積雪になることも予想される。3月のTP時系列変化図を作成すると、札幌や函館の春は既に北陸型の雪になりつつあることが読み取れる(図10)。本稿で設定した「a-b地域境界線」を基準とすると、函館では2019年からこの境界線を越え、北陸型の積雪に遷移していることが分かる。

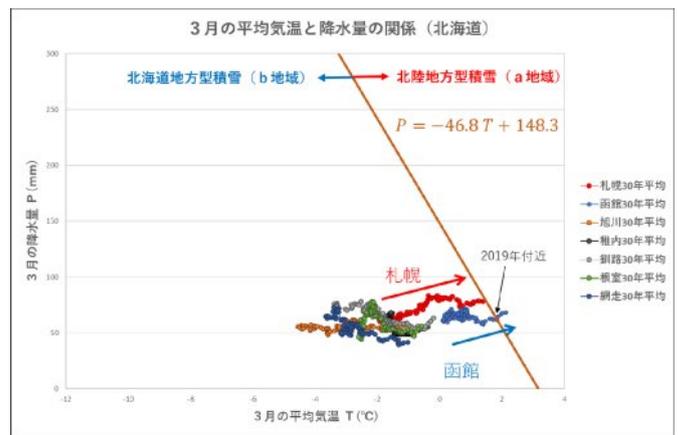


図10 b地域における3月のTP時系列変化図

5. まとめ

本稿では「道路構造令の解説と運用」に基づき、北海道地方型の積雪(乾雪)と北陸地方型(湿雪)を大別する2積雪地域分類図を作成した。これにより、2地域に挟まれた東北地方や、従来図に記載されていない都市の積雪特性を判別することができる。

注意点としては、この2積雪地域分類図はあくまでも積雪地域の道路設計をする際や、道路除雪・融雪方法を勘案することを目的として作成した図であるということである。2積雪地域分類図は、乾雪と湿雪の中間的雪質の存在を否定するものではない。積雪の地域特性を議論する場合は、4積雪地域分類図で示されるように積雪の状態や構造、観測や観察など、より雪氷学の見解が必要と考える。

引用文献

- 1) 日本道路協会(2021):道路構造令の解説と運用、pp.720
- 2) 石坂雅昭(1996):日本の冬の気候と積雪の地域性、雪氷、58巻、4号、329-338

除雪作業の技術継承と効率化をめざして ～除雪車両等に搭載したカメラを活用した取組～

一場勝幸*1 村岡豊仁*1 稲荷山智之*2

1. はじめに

従来、国道の道路除雪は除雪機械の特徴や癖を考慮した運転操作や除雪手順等を踏まえ、運転手（オペレータ）の経験に基づき実施されてきた。しかしながら、高齢化が進み、次世代を担う中間層、若年層の担い手が不足している実態があり¹⁾、熟練オペレータから次世代のオペレータへ、積み重ねた経験による除雪技術を継承していくことが困難となりつつある。

国道の道路除雪は多くの一般車両が通行している中で作業を行う必要があるため、交通安全に配慮しながら道路除雪を行わなければならない。

さらに、交差点内等への堆雪を極力減らすためのシャッターブレードの操作や前送り除雪等、オペレータの作業は多岐に渡っている。

また、豪雪や地吹雪等を原因とした車両の立ち往生による交通障害が発生した場合、立ち往生車両を救出しながら道路除雪を行う必要があり、通常時よりも施工性が非常に悪くなるため、車両の立ち往生解消には多大な時間、労力が必要となる。

高齢化が進み熟練オペレータが減少し、次世代のオペレータが不足している状況の中、車両の立ち往生等による交通障害発生時を考慮した、効率的な国道の道路除雪方法を検討していく必要がある。

以上のことを背景に、工事の実例をもとにカメラを活用した熟練オペレータの技術継承と効率的な道路除雪方法に向けた情報収集の取組を紹介するとともに、車両の立ち往生等による交通障害発生時への活用について提案を行う。

2. 除雪体制の現状

前述したように、国道の道路除雪は、これまで熟練オペレータの経験に基づき実施されている。

次世代のオペレータへの技術継承は、2人乗り体制の除雪グレーダに次世代のオペレータが助手として同乗することで、熟練オペレータの技術を体得してきた。

しかし、平成27年度以降に製造された除雪グレーダは、助手が搭乗できないワンマン型となっており²⁾、次世代のオペレータへ除雪技術を継承することが困難となった。

一般国道36号札幌市月寒道路維持除雪外一連工事の除雪作業は、札幌市内の中心部を主としており、日中に降った雪が多く的一般車両により路面上に圧雪された状態となるため、当該区間の除雪作業は、除雪グレーダを使用して圧雪した雪を削りながら除雪作業を行わなければならない。さらに、当該作業区間の除雪幅員が片側16.0mとなる箇所もあるため、複数台の除雪グレーダ同士で連携しながら一度に除雪を行う必要がある（写真1）、かなり高度な除雪技術が要求される区間となっている。表1は本工事で貸与している官貸除雪車両の一覧である。



写真1 複数台の除雪グレーダによる除雪状況

表1 一般国道36号札幌市月寒道路維持除雪外一連工事の官貸除雪車両一覧

機械名	規格	台数	備考
除雪グレーダ	4.0m級	2	
除雪グレーダ	4.3m級	1	高速整正型
除雪グレーダ	4.3m級	1	ワンマン型
除雪グレーダ	4.0m級	2	ワンマン型
除雪ドーザ	11t級	2	
ロータリ除雪車	2.6m級	1	一車線積込型
小形除雪車	ロータリ式	1	
小形除雪車	兼用式	1	
凍結防止剤散布車	湿式4.0m ³	1	

*1 北海道開発局 札幌開発建設部 札幌道路事務所、*2 大東工業株式会社 維持事業部

平成 27 年度から官貸車両としてワンマン型除雪グレーダの貸与をうけた本工事では、熟練オペレータの技術を継承する方法として、カメラによる除雪状況の映像の収集や記録等を行っている。

また、カメラ映像と併用して無線や電話等を使用することで、現場代理人が除雪ステーションからオペレータに作業指示等を行うことを実施している。

3. ワンマン型除雪グレーダによる技術継承の取組

一般国道 36 号札幌市月寒道路維持除雪外一連工事では、ワンマン型除雪グレーダ（写真 2）の運転席の右上（写真 3 丸で囲った箇所）にカメラを設置した（写真 4）。このカメラにより撮影した映像を除雪ステーションで確認した映像（写真 5）と運転席から撮影した映像（写真 6）に遜色なく、ワンマン型除雪グレーダからの映像をリアルタイムに収集、記録することができた。

記録した映像から、次世代のオペレータは熟練オペレータの技術を確認でき、また、次世代のオペレータがワンマン型除雪グレーダに乗車し作業を行う際には、カメラ映像と併用して無線や電話等を使用することで、熟練オペレータが除雪ステーション等からリアルタイムに助言等ができる。記録した映像を用いて、次世代のオペレータと熟練オペレータ、現場代理人を交えて運転操作や除雪手順等を改めて確認することにも活用し、技術継承に取り組んでいる。

また、複数台の車両にカメラを設置することで、その映像を一度に確認することも可能であり（写真 7）、現場代理人も除雪ステーションから必要な作業指示をリアルタイムにオペレータに行うことができる。

これらの取組により、次世代のオペレータからは、熟



写真 3 カメラ設置位置（丸で囲った箇所）



写真 4 設置したカメラ機器



写真 2 カメラを搭載したワンマン型除雪グレーダ

練オペレータの技術を確認できるとともに、ワンマン型除雪グレーダに乗車し操作する時に安心感があることや、熟練、次世代のオペレータからは、一般車両が通行している中で作業を行うため、交通安全に配慮しながら道路除雪を行わなければならないところで、カメラの設置により常に見られているという意識をもって作業を行うため、不安全行動の抑制と安全意識の向上につながるとされている。

4. 道路巡視における情報収集効率化等の取組

一般国道 36 号札幌市月寒道路維持除雪外一連工事では、ワンマン型除雪グレーダで行った方法と同様にパトロールカーにカメラを設置した事例も検討、実践している。パトロールカーに設置したカメラからの映像（写真 8）を、除雪ステーション等の現場代理人が確認することで（写真 9）、現場代理人はパトロール担当者と同じ情報を確認することができ、パトロール担当者へ作業指示等を行うことができる。積雪時には、交差点部や路側の堆雪状況（雪堤の高さや幅等の大きさ）の確認も行え、現場代理人の現場への移動が削減されるため、生産性向上にもつながる。

5. 立ち往生等の交通障害発生時の活用の検討

従来は、車両の立ち往生による交通障害等で通行止めを行った際には、立ち往生車両を救出しながら道路除雪を行っていた。

これらの対応中の現地状況を、前述のパトロールカーに設置したカメラにより、除雪ステーションや道路事務所で把握することにより、全体像を把握した上で、効率

的に通行止め解除に向けた作業方法を検討できると考え令和 5 年度は、除雪ステーションだけではなく道路事務所でもカメラ映像を確認できる体制を構築する。

例えば、豪雪や地吹雪等を原因とした車両の立ち往生による交通障害のために通行止め中の範囲を、カメラ

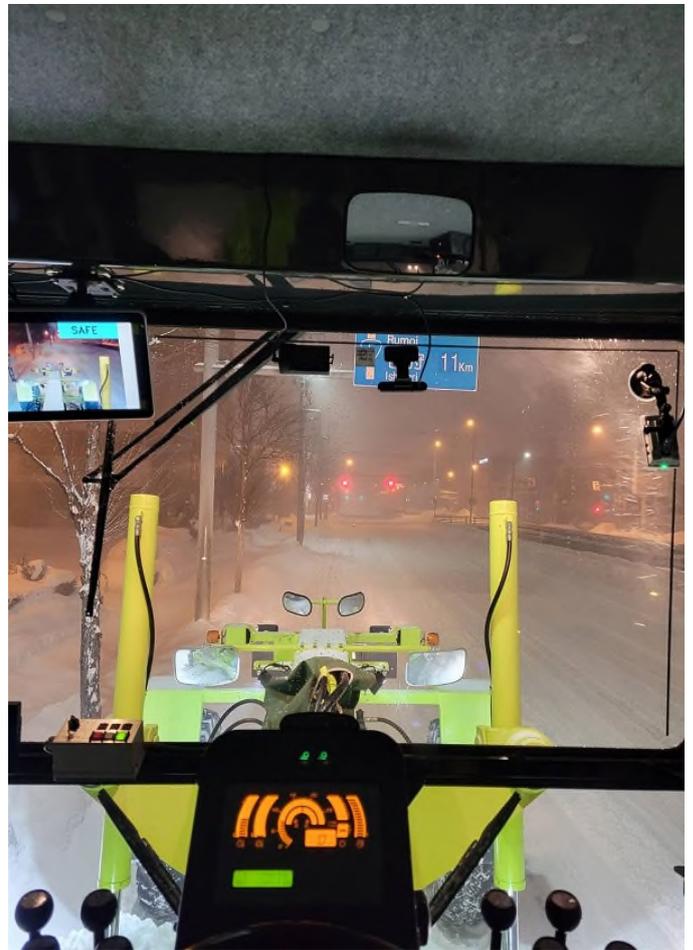


写真 6 運転席から撮影した映像



写真 5 ワンマン型除雪グレーダからのカメラ映像

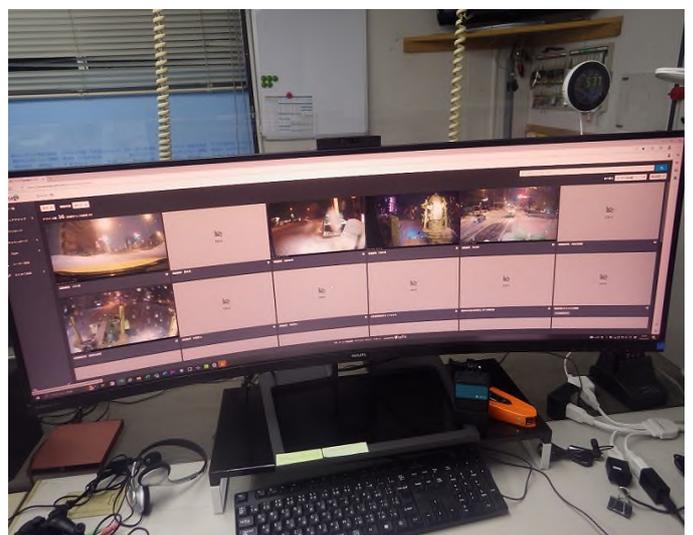


写真 7 複数台の車両にカメラを設置した場合



写真8 パトロールカーからのカメラ映像

高齢化社会により、次世代を担う中間層、若年層のオペレータが減少することによって、多岐にわたる除雪技術の継承が不確実となることが今後も続いていくことが考えられる中で、今回紹介したようなカメラを設置した方法による工夫が、将来の道路除雪の一助になればと考える。

参考文献

1) 中村隆一、神賢治、村岡豊仁：第66回北海道開発技術研究発表会論文、除雪オペレータの担い手不足と安定的な除雪体制の確立に向けて

2) 石道国弘、林朋幸、五十嵐匡：平成28年度北海道開発技術研究発表会論文、新型1人乗り除雪グレーダの導入について



写真9 現場代理人がパトロールカーからの映像を除雪ステーションで確認している様子

を設置したパトロールカーや除雪ドーザで巡回を行うことにより、現地状況の全体像を遠隔から現場代理人や事務所職員が把握することで、優先して除雪すべき区間等の具体的な指示を行うことが可能になるとともに、車両や人員が不足している場合、作業班の増員等も検討、判断できることとなる。

今回紹介した方法について、実際に車両の立ち往生による交通障害発生時に活用することで、効率的な除雪作業の一助となればと考える。

6. おわりに

車両の立ち往生等による交通障害は発生しないことが一番だが、事前に備えられることは準備すべきである。

令和4年12月長岡・柏崎地域の集中降雪による車両滞留検証と対策検討について

齋藤 勝博*1 小原 知実*2 山内 慎吾*2

1. はじめに

令和4年12月18日(日)から12月20日(火)にかけて、新潟県長岡・柏崎地域の一般国道8号、17号では、並行する高速道路の事故に伴う通行止めを契機に、国道への通行車両集中と、記録的降雪が重なることで立ち往生が多発し、これが除雪作業の遅れに大きく影響したことから、大規模な車両滞留の発生に繋がった。立ち往生車両の排除、除雪による路面状況の回復に時間を要し、最大38時間にわたり国道8号、17号は通行止めとなり、社会・経済活動に大きな影響を及ぼすこととなった。これを受け、長岡国道事務所とNEXCO東日本新潟支社は、有識者を委員とする「令和4年度新潟県内の冬期道路に関する対策検討会」(以下「検討会」という)を令和5年1月23日、3月23日の2回開催し、集中降雪による車両滞留を検証した上で、今後の対応方針をとりまとめた。

本稿は、検討会での検証及び対応方針をとりまとめ、それらを踏まえた長岡国道事務所の対策検討について報告するものである。

2. 気象状況と大規模車両滞留発生の経緯

日本の上空に非常に強い寒気が入り、令和4年12月18日(日)から19日(月)にかけて強い冬型の気圧配置となった。18日16時02分には長岡・柏崎など新潟県内の11市町に大雪警報が発表され、19日23時36分の解除まで大雪警報は継続し、新潟県中越地域では記録的大雪となった。特に19日未明には日本海寒帯気団収束帯(以下「JPCZ」という)の影響で、柏崎市・長岡市を中心に集中的な降雪となり、時間4~9cmの強い降雪が10時間程度継続した。この集中降雪により、19日の日降雪量(気象庁観測所)は、長岡75cm/日で観測史上第3位を記録、柏崎72cm/日で観測史上最大を38年ぶりに記録している。

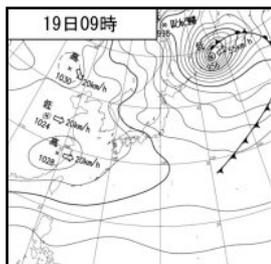


図-1 地上天気図(12/19 9時)
(新潟地方気象台 資料)

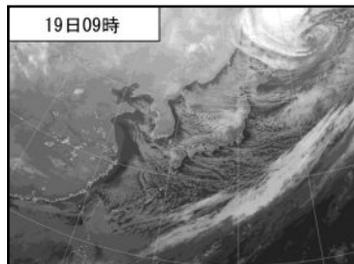


図-2 気象衛星赤外面像(12/19 9時)
(新潟地方気象台 資料)

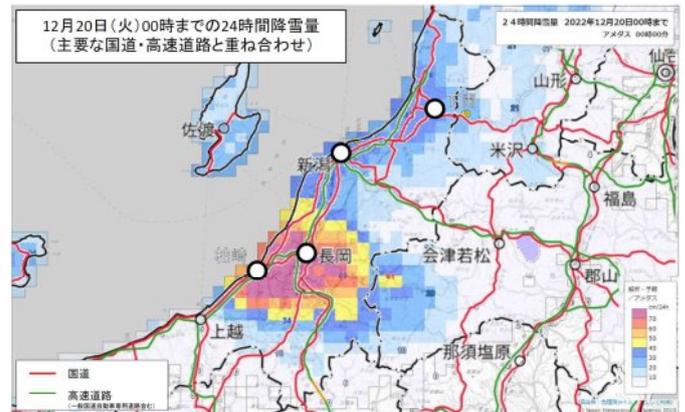


図-3 24時間降雪量 ※気象庁提供

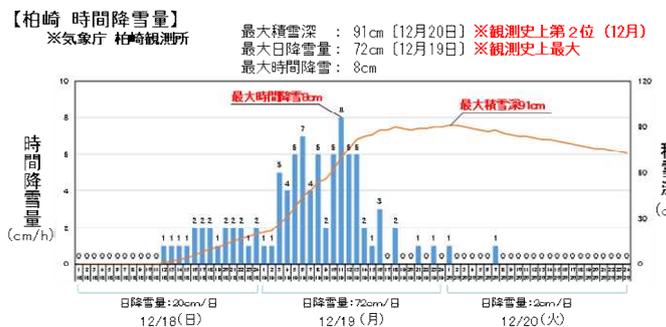


図-4 柏崎 時間降雪量

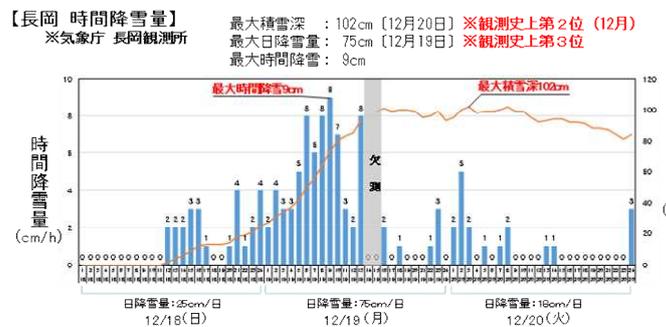


図-5 長岡 時間降雪量

一方、道路の交通状況は次のとおりである。18日午後には継続的な降雪となったことで、高速道路では同時多発的に各地で事故が発生し、18日16時45分から新潟県内各所において高速道路の通行止めが発生した。新潟県内の通行規制延長は最長約281km(12月18日20時20分時点)に及び、並行する国道を含め一般道に交通が流入した。長岡・柏崎周辺地域では、北陸道・関越道で最長約52時間に及ぶ通行止めが発生している。18日の段階では流入した交通の影響や継続する降雪により、国道8号、17号でも数台の立ち往生車両が発生したが、除雪対応により18日深夜には交通障

*1 国土交通省 北陸地方整備局 長岡国道事務所

*2 国土交通省 北陸地方整備局 長岡国道事務所 管理第二課

害は解消している。しかし、JPCZ 発生の影響により、長岡・柏崎周辺では 19 日未明から強い降雪が連続発生し、この降雪が強い時間帯と高速道路の通行止め継続、月曜朝の通勤時間帯における交通集中が重なり、国道 8 号、17 号では立ち往生車両が多発、これを契機にして大規模車両滞留に発展した。

柏崎地域の国道 8 号では、集中降雪に加え、道路構造（縦断勾配 5%以上等）に起因し、米山台～鯨波、米山付近を中心に立ち往生車両が多発、最大約 22km に渡って車両が滞留した。立ち往生車両が除雪の障害となり、これらの排除作業に多大な時間を要したため、災害対策基本法に基づく道路区間指定を行い、19 日 15 時 40 分より通行止めによる集中除雪を実施したものの、全ての滞留車両を排出し、通行止めを解除するまで 38 時間を要した。

長岡地域の国道 8 号、17 号では、月曜朝の通勤と集中降雪の重なりにより、市内中心部へ向かう主要な交差点を中心に渋滞が発生。19 日 10 時頃には、国道 8 号、17 号以外の各路線でも各所で立ち往生が発生したことで面的に渋滞が拡大、同日 18 時過ぎには国道への流入や国道からの流出が不能状態となり、約 33km に渡って車両が滞留し、災対法に基づく道路区間指定の上、通行止めによる集中除雪を実施したが、通行止め解除まで 26 時間を要した。

3. 検討会における検証

今回の大規模滞留を受け、長岡国道事務所とNEXCO東日本新潟支社は、事実関係、原因・課題、対応の方向性を整理

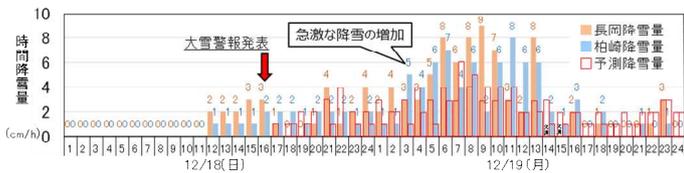


図-6 長岡・柏崎 時間降雪量

する検討会を設立し、大規模滞留に至った経緯を検証した。

令和5年1月23日に開催された第1回検討会では、気象データ、高速道路の通行止め状況、国道の交通障害・立ち往生発生状況、除雪体制、情報収集・情報提供の状況について振り返り、国道における大規模滞留発生の原因・課題を次のとおり確認した。

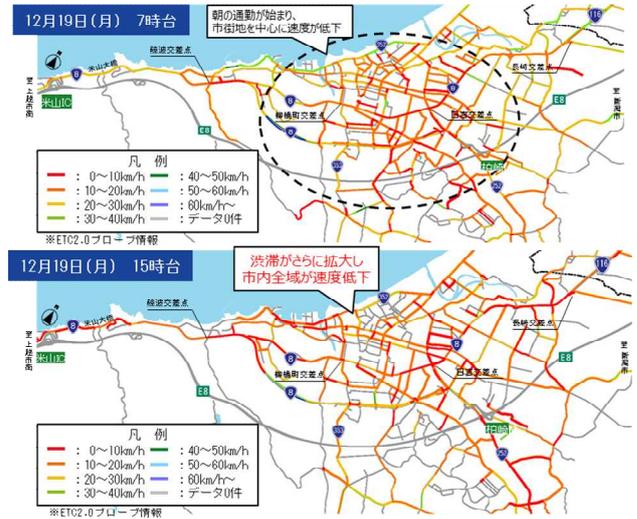


図-7 柏崎地区の速度低下状況 (ETC2.0 プローブ情報)

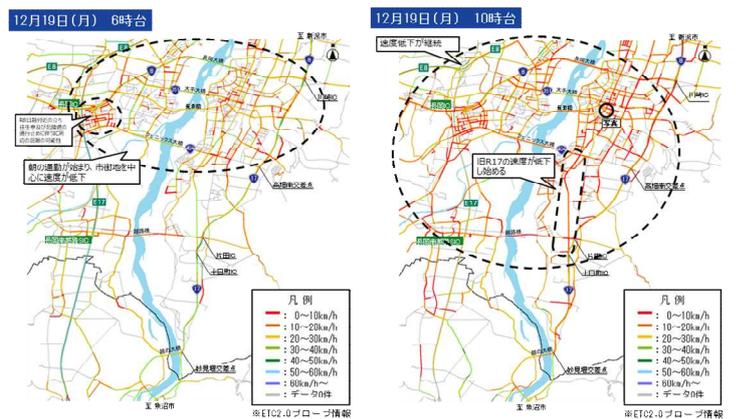


図-8 長岡地区の速度低下状況 (ETC2.0 プローブ情報)

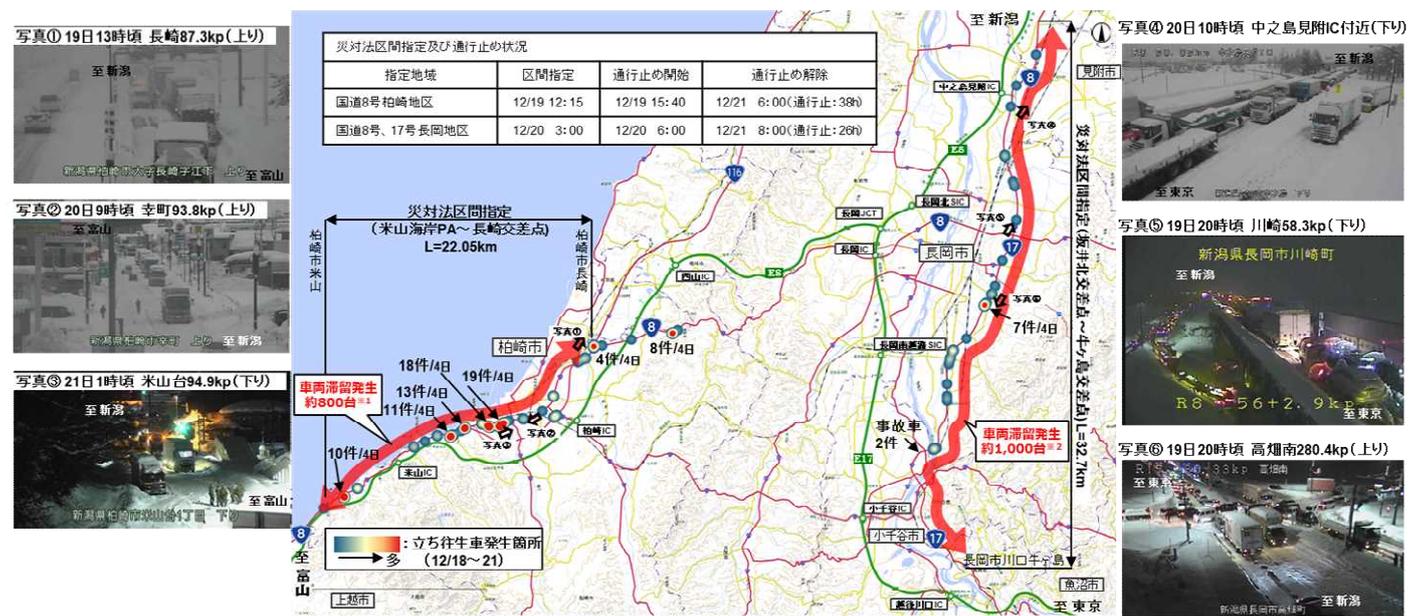


図-9 交通障害・立ち往生発生状況

1) 渋滞・車両滞留の発生

○発生した原因

- ・本格的な降雪の約半日前からの高速道路の広域・長期通行止めにより一般道へ交通集中
- ・観測史上最大の降雪に対する除雪能力の不足
- ・予測を上回る降雪に対し、直轄国道通行止めによる集中除雪の体制が確保できていなかった。
- ・長岡・柏崎地域全域での集中降雪によるアクセス道路の混乱（国道への流入、国道からの流出不能による渋滞）
- ・19日朝からの急激な交通量増加と朝の通勤時間帯等における交通量増加が重なることで立ち往生車が多発。早期に通行止めの判断を行う必要があった。

○長期化した原因

- ・立ち往生車等が頻発し、排出に時間を要したことや、車両牽引に同意を得られない車両も存在。結果、除雪作業の支障となった。
- ・渋滞発生後、現地にたどり着くことが困難となり、渋滞状況の把握が遅れた。
- ・予防的通行規制区間外において、CCTVカメラが不足し、現地状況の全体把握が困難であった。

2) 気象情報を踏まえた行動計画

- ・予測難易度が高いJPCZを原因とする集中降雪に対しては、現状の気象予測に基づく行動計画では対応が困難
- ・気象予測を上回る異常降雪となったことで、情報連絡本部の設置が遅延

3) 広報、情報提供のあり方

- ・事前の気象情報から大雪への備えの必要性が十分に認識できず、本来実施すべき出控え要請等 事前広報が不十分
- ・現地の渋滞状況等を情報収集に利用していたCCTVの不具合等もあり、SNS等での情報発信が遅延
- ・ライブカメラへのアクセス集中により、利用者の閲覧困難な状況が発生
- ・大規模滞留の発生状況や、立ち往生車両の排出や集中除雪による通行止め情報など、あらゆる手段による通行の回避を促す情報提供が不足
- ・滞留車両（ドライバー）へ、渋滞状況のほか開口部や交差点等での自主的なUターン等の行動変容を促す情報提供が不十分
- ・滞留車両（ドライバー）への乗員保護に関する情報（食料、トイレ、燃料等）提供不足

第1回検討会で確認した前述の原因・課題は、これまでの大雪対応でも個々に対策が検討されてきたものだったが、集中降雪の発生時期（降雪の最初期）や発生条件（JPCZ影響、月曜通勤時間帯等）が複合することにより、それぞれの対応が遅れが生じ、今回の大規模滞留に繋がったと考え

られる。

4. 検討会における対応の方向性ととりまとめ

前項での原因・課題に対し、第1回検討会において対応の方向性をとりまとめた。とりまとめの中でも重要なポイントとしては、検討会後の寒波に即応するため、次の長岡・柏崎地域における当面の対応を定め、実施していることである。

1) 行動計画見直し

当該地域の降雪量に閾値を定め、閾値により機械的に体制を取ることにした。具体には、対象の基準観測点で10cm/時間、または2連続5cm/時間の降雪を観測した場合、情報連絡本部を立ち上げ関係機関と情報を共有し、SNS等によりメディア及び道路利用者への情報提供を行い、通行止めによる集中除雪を行うものとした。また、国道と高速道路のどちらかにおいて交通障害が発生した場合、緊密な連携のもと躊躇なく同時通行止めを実施し、交通流入を抑制しつつ集中除雪を行うものとしている。

2) 災害対策基本法の運用見直し

予防的通行規制区間は降雪量の閾値により災害対策基本法の運用を実施、また車両移動措置について関係団体を通じ荷主及び車両管理者に対する事前通知を徹底する。

3) 予防的通行規制区間の新設

予防的通行規制区間が設定されていなかった今回の地域を区間に追加設定し、除雪体制や通行規制方法を再検討した上で、降雪量の閾値をトリガーに除雪梯団を強降雪時の運用に切り替える、除雪機械の事前配置を行う等の体制を取る。

4) 各種情報提供及び出控え広報の強化

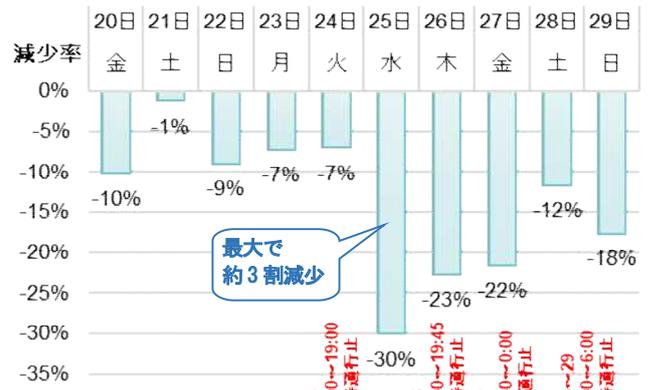
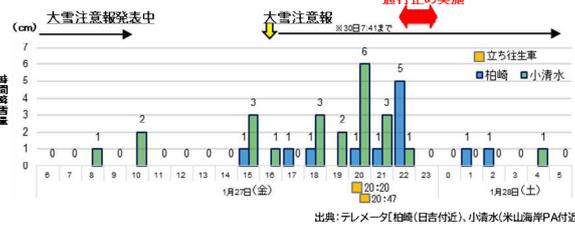
広報内容及び体制、タイミングを行動計画に事前設定し、気象情報を踏まえた渋滞状況調査人員の事前確保を行った上で、出控え広報の継続実施により大雪時の交通量を抑制、道路情報板による毎日の情報提供頻度増、スタック車発生時の位置・状況の情報提供、滞留しているドライバー向けに定時の情報発信（今後の見通し、乗員保護活動等）、SNS等による「大型車チェーン装着必要」の情報発信等、情報提供を強化する。

これらの当面の対応は第1回検討会直後の1月寒波で実行し、令和5年1月27日夜間の柏崎市米山地区の通行止めによる集中除雪では、関係機関と緊密な連携により短時間の通行止めで路面状況を回復することができ、令和5年1月28日19時～29日6時の広域での同時通行止めによる集中除雪の際も、除雪作業を効率的に実施し、立ち往生車の発生を防止することができた等、社会活動に混乱が生じることはなかった。特に情報連絡本部において調整を行った関係機関連携の情報提供により、1月20日～1月29日の長岡国道管内

の交通量は最大で約3割減少しており、出控え広報による効果が一定程度あったものと推察される。

【令和5年1月寒波時の交通量の減少】

柏崎地区の通行規制実施例(R5.1.27)



※ 長岡国道管内 全交通量計測装置の合計値から前週比を算出

図-12 R5.1月の交通量(長岡国道管内)

令和5年3月23日に開催された第2回検討会では、当面の対応の実施結果を報告し、対応の方向性を踏まえ次のとおり具体の対策を検討した。

○除雪能力を大幅に超える降雪への対応

【柏崎地区】

- 急勾配区間等に消融雪施設を検討・設置(米山台では融雪技術の試行として、遠赤外線融雪、カーボン発熱シート融雪を設置)
- 除雪機械の増強(除雪ドーザ)、大雪予測時の除雪機事前配置(ロータリ除雪車)により、路肩幅員狭小区間を集中除雪
- R8柏崎バイパスの交通確保を最優先し、市街地部での滞留発生を抑制するため、堆雪処理に時間を要する柏崎高架橋区間に消雪パイプを設置
- 迅速な除雪作業に向けた体制強化
- CCTVカメラを増設、監視体制強化

【Twitterによる情報発信(R5.1/20~1/29 計142回)】

【記者発表(1/20~1/29 計24回)】

通行止め実施時の記者発表実施状況(1/28 19時通行止め、1/29 6時解除)

図-11 R5.1月寒波時の対応状況 情報提供・出控え広報強化



図-12 路肩幅員狭小の胞姫橋、上輪橋付近に除雪機を事前配備



図-13 柏崎高架橋区間に消雪パイプ設置

【長岡地区】

- ・ R17 高畑南交差点前後に、消雪パイプを設置
- ・ 除雪工区境のR17越の大橋付近を、長岡工区、堀之内工区の両工区が重複して除雪、除雪頻度を増やす。
- ・ 迅速な除雪作業に向けた体制強化
- ・ CCTVカメラを増設、監視体制強化



図-14 R17高畑南交差点前後に消雪パイプ設置

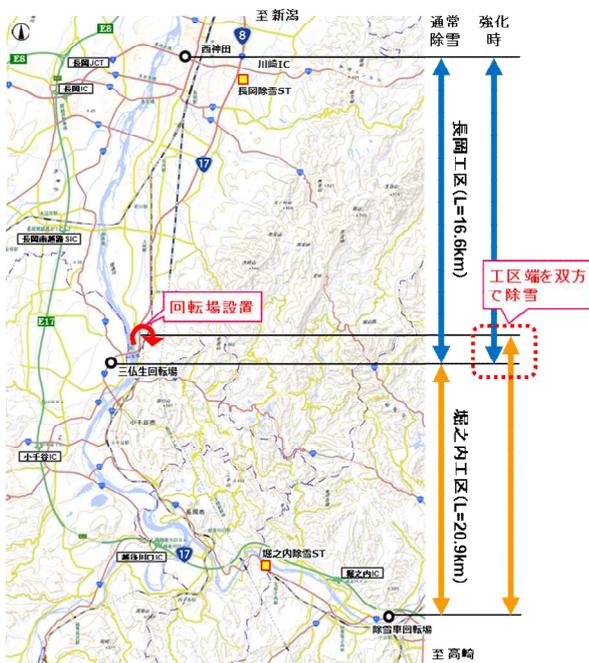


図-15 除雪工区端を重複除雪（隣接工区応援除雪を効率化）

【柏崎・長岡地区】

- ・ 除雪支障車両の待避スペースを本線脇に確保（非常駐車帯の拡大等）
- ・ 滞留車両の本線Uターン可能箇所の確保（中央分離帯の開口部設置、非常駐車帯の利用等）
- ・ 通行止め規制箇所に職員や規制要員の待機・休憩施設、仮設トイレ設置

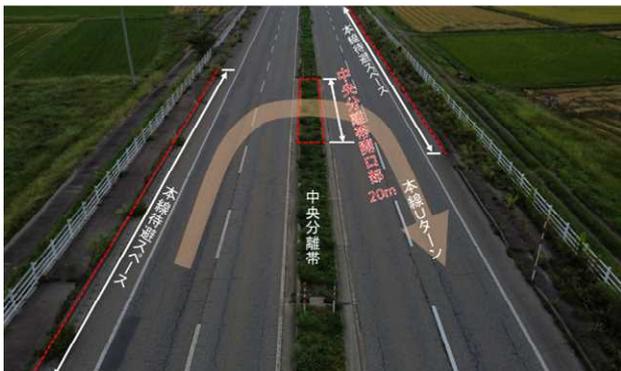


図-16 本線待避スペース、本線Uターン可能箇所（イメージ）

○ 渋滞・車両滞留状況の把握

【柏崎・長岡地区】

- ・ CCTVカメラを増設、監視体制強化
- ・ 従道路側の状況を早期に確認・共有し、従道路管理者への除雪の要請や自治体を通じた出控え広報を実施する行動計画を立案。実行力を備えるため来冬に向けて訓練を実施

○ 更なる対応力の向上に向けた取り組み

【柏崎・長岡地区】

- ・ 降雪量データの補完を目的に、簡易レーザー式積雪深計を5箇所試行設置（R5.2月）、閾値付近の降雪量となる場合には、簡易レーザー式積雪深計のリアルタイムデータから面的に降雪状況を把握
- ・ 路面状況や立ち往生早期発見のため、立ち往生発生箇所に簡易カメラ（インターバル式）を6箇所試行設置（R5.2月）、状況把握を強化
- ・ 今冬は簡易レーザー式積雪深計、簡易カメラともに箇所を増設し運用

5. おわりに

令和4年12月の長岡・柏崎地域における集中降雪による車両滞留について、2回にわたる検討会での検証と対策検討について紹介したが、第2回検討会でとりまとめた今後の対策の具体化と、長岡・柏崎地区以外の長岡国道管内でも令和4年12月の集中降雪を踏まえた体制を構築することを目的に、長岡国道事務所は令和5年度当初から所内検討会を開催し、事務所全体で大雪対策に対する共通認識を醸成し、課題毎に検討チームを編成、令和5年9月末までに検討を終え、今冬の除雪計画、情報連絡本部運営に反映することとしている。

令和4年12月の集中降雪による大規模車両滞留は、これまでの想定を超える降雪量や要因の複合化等により発生したが、ハード面の対策以上に、情報連絡本部による関係機関の情報共有、出控え広報や密な情報提供の重要性が明確になった。令和5年1月の寒波対応でも情報連絡本部が遅れることなく設置され、関係機関協力のもと対応していくことが、異常降雪への対応力強化につながるものと考えられる。

また、検討会において、行動変容につながるような具体的な情報提供の実施、行動分析も含めた出控えを促す情報提供、企業に対する雪を対象としたBCP作成の有効性、検討結果の関係機関における確実な伝承といったソフト面の対応強化について有識者から意見をいただいております。これまでの発想を転換し、雪による交通障害の防止に様々な観点から対策を検討、その対策について訓練により実行力を備えていくことが必要と考えている。

本稿の執筆時点は冬期前であるため、対策の準備や訓練

を行っている段階である。そのため、対策の実効性や追加対策の要否は今冬の実施結果を踏まえ引き続き検討していく必要があり、検討と実施、振り返りを重ね、今後の雪害対応に活かしていきたい。

最後に、令和4年12月の集中降雪における大規模車両滞留及び以降の対応にあたり、ご協力いただいた各地区建設業協会をはじめ関係機関のみなさまにこの場を借りて感謝申し上げます。



図-17 情報連絡本部の状況



図-18 関係機関とは設置期間中、常時Web会議接続

令和4年12月長岡・柏崎地域の大雪を踏まえた冬期道路の対応について（概要版）

◆本検討会では、令和4年12月新潟県中越地域で発生した大雪などの自然災害（豪雪）に対し、人命を最優先に大規模な車両滞留を回避すべく、関係機関が緊密に連携し、出控え等の行動要否の呼びかけや高速道路と国道等の同時通行止めによる集中降雪などによる早期交通確保を図るほか、通行止めなどの最小化に向けた雪に強い道路づくりなど当該地域における冬期道路交通確保に必要な取り組みをとりまとめたものである。

【第1回対策検討会（令和5年1月23日）】

行動計画の見直し

- 降雪量による行動計画【国】
 - 降雪量の閾値による行動計画策定【国】
 - 実測値判断により機械的に通行止め、集中除雪を実施
 - 関係機関と実測降雪量を共有（情報連絡本部開設時）【国】
 - 閾値による行動計画の実行力を高めるため、来冬に向けて訓練を実施【国】
- 情報連絡本部設置基準の追加【国】
 - 降雪量の閾値により情報連絡本部設置を自動化【国】
 - 予測値による従来の設置基準に加え降雪量実測値による設置基準の設定等
 - 閾値による情報連絡本部の設置を遅滞なく実行するため、来冬に向けて訓練を実施【国】
- 国道・高速道路の同時通行止め【国・高速共通】
 - 国道と高速道路のとちらかにおいて、交通障害が発生した場合、緊密な連携のもと躊躇なく同時通行止めを実施【国・高速共通】
 - 降雪地域への交通流入抑制を実施【国・高速共通】

災害対策基本法の運用見直し

- 降雪量の閾値による災対法区間指定（予防的通行規制区間）【国】
 - 車両滞留が発生する恐れがある場合には、閾値により遅滞なく災対法区間指定を実施するものとし、実行力を高めるため、来冬に向けて訓練を実施【国】
 - 商主及び車両管理者への牽引等に関する周知【国】

予防的通行規制区間の追加

- 長岡市福島から小千谷市木津区間の予防的通行規制区間を新設【国】
 - 閾値による除雪機団の運用方針を共有【長岡・柏崎】
 - 受注者等による通行規制要員の確保【長岡・柏崎】
- 柏崎市米山台から同市曾根地間の予防的通行規制区間を新設【国】
 - 柏崎市日吉町～天神町間を通行止めし、県管理区間（R252）を含む柏崎バイパスへの交通誘導
 - 降雪機団を通じた除雪車の事前配備
 - 建設業協会と通行規制要員確保の協力体制を構築【国】

各種情報提供及び出控え広報の強化

- 各事象毎の情報内容の追加
 - 巡回強化などによる安全運転の徹底【高速】
 - 出控え広報による交通量抑制【国・高速共通】
 - 事前準備【国】
 - 広報内容及び体制、タスキガを行動計画において事前設定等
 - 気象（降雪）情報を踏まえた渋滞状況調査人員（地元業者等）の事前確保
 - 建設コンサルタント協会と定期的に調整を図り、現地調査要員確保の協力体制を構築
 - 大雪警報発表時【国】
 - 道路情報板で「大雪警報発表中」と「不要不急の出控え」表示
- 事象発生時：立ち往生車両発生【国】
 - スタック車の情報提供、マスコミに対し定時の記者発表の実施
 - 滞留しているドライバー向けに定時の情報発信（今後の見直し、乗員保護活動等）
 - Twitterによる「大型車チェーン必要」の情報発信

【第2回対策検討会（令和5年3月23日）】

除雪能力を大幅に超える降雪への対応

- 効果的な広域迂回に関する情報提供【国・高速共通】
 - 5機関共同会員（北陸地方整備局、気象庁、NEXCO（東日本・西日本）、北陸信越運輸局）による事前の情報提供、出控え要請の徹底【国・高速共通】
- 除雪体制・監視体制の強化【国】
 - 急勾配区間等に消雪電線設置を検討・設置【柏崎】
 - 除雪機械の増強（除雪ドーザー）と、大雪予測時の除雪機械車前配置（ロータリ除雪車）により、路肩幅員狭小区間を集中除雪【柏崎】
 - R8柏崎バイパスの交通確保を最優先し、市街地部での滞留発生を抑制するため、堆雪処理に時間を要する柏崎高架橋区間等に追雪パイプを設置【柏崎】
 - R17高畑南交差点前後に、消雪パイプを設置【長岡】
 - 除雪工区境のR17越の大橋付近について、長岡工区、堀之内工区の両工区が重複して除雪し、除雪頻度増【長岡】
 - 迅速な除雪作業に向けた体制強化【長岡・柏崎】
 - CCTVカメラを増設、監視体制強化【長岡・柏崎】
- 迅速な予防的通行止めと早期の通行止め解除【国】
 - 除雪支障車両の待避スペースを本線脇に確保（非常駐車帯の拡大等）【長岡・柏崎】
 - 滞留車両の本線迂回可能箇所を確保（中央分離帯の開口部設置等）【長岡・柏崎】
 - 通行止め規制箇所に職員や規制要員の待機・休憩施設、仮設トイレ設置【長岡・柏崎】
 - 駐車場（待避スペース）整備や遠隔操作による通行止め装置導入等、迅速な予防的通行止めに対応する施設の整備【その他】
- 気象予測精度向上による雪水体制検討【高速】
 - IFOCに対する気象予測の継続検討
- 交通障害の早期解消【高速】
 - 大雪予測時、集中降雪時及び通行止め時の1.5車線（1車線+緊急車両通行帯）等の柔軟な交通運用を実施するための目標の明確化（継続実施中）
 - 通行止め時においても緊急避難路として高速道路を活用する場合の運用オペレーションの確立
 - 上振れた降雪時における応援体制の強化
 - ICへのアクセス道路の降雪対応の明確化・緊密な連携

渋滞・車両滞留状況の把握

- CCTVカメラを増設、監視体制強化【国（再掲）】
- 従道路側の状況を早期に確認・共有し、従道路管理者への除雪の要請や自治体を通じた出控え広報を実施する行動計画を立案、実行力を高めるため、来冬に向けて訓練を実施【国】

更なる対応力向上に向けた取り組み

- 降雪量データの補完を目的に、簡易レーザー式積雪深計を5箇所試行設置（R5.2月）、閾値付近の降雪量となる場合、簡易レーザー式積雪深計のリアルタイムデータから面的に降雪状況を把握【国】
- 路面状況や立ち往生車両の早期発見のため、立ち往生発生箇所に簡易カメラ（インターバル式）を6箇所試行設置（R5.2月）、状況把握を強化【国】
- R5年度以降は簡易レーザー式積雪深計、簡易カメラともに箇所を増設し運用【国】

図-19 令和4年度新潟県内の冬期道路に関する対策検討会 とりまとめ概要版