

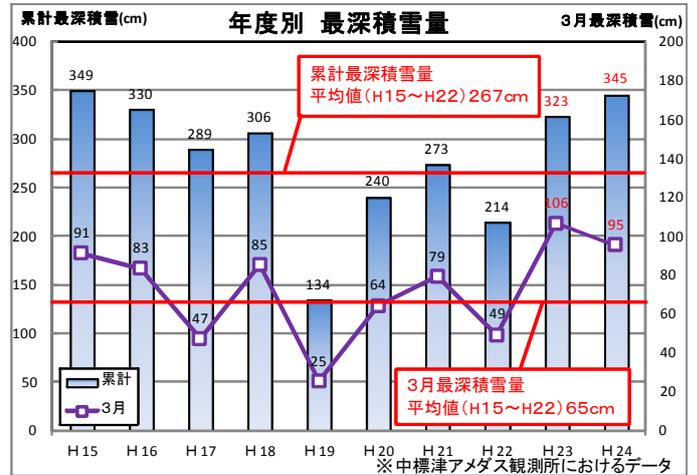
中標津道路事務所管内における平成25年3月2日の暴風雪対応について

古屋 利章*1, 福田 悟史*1, 上野 正和*2

1. はじめに

平成25年3月2日から3日にかけて日本海を進む前線を伴った低気圧が、急速に発達しながら北海道付近を通過、夕方には千島近海に達し、3日には北海道付近は強い冬型の気圧配置となった。これにより3月2日から3日にかけて雪を伴った非常に強い風が吹き、特にオホーツク海側や道東を中心に大荒れの天気となり、交通機関が大きく乱れた。北海道開発局釧路開発建設部が管轄する道東地域においても、根室地方を中心に多くの道路が通行止めとなった。

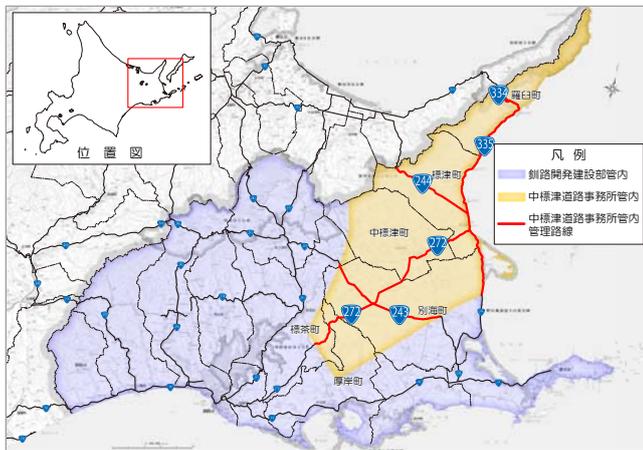
本稿では、釧路開発建設部の中標津道路事務所（以下、事務所）において、この暴風雪時に事務所が行った各対応と、その中で明らかとなった課題及び今後の対応策について述べる。



図表2 中標津町の積雪量

2. 事務所の概要

当事務所は、釧路開発建設部管内のうち、根室支庁管内の中標津町、標津町、別海町、羅臼町、標茶町、厚岸町の国道5路線224kmを管理している。内陸部の酪農地帯、オホーツク海の海岸線沿いを通過する国道及び冬期間通行止めとなる知床横断道路を管理していることが特徴である。（図表1）



図表1 事務所管轄図

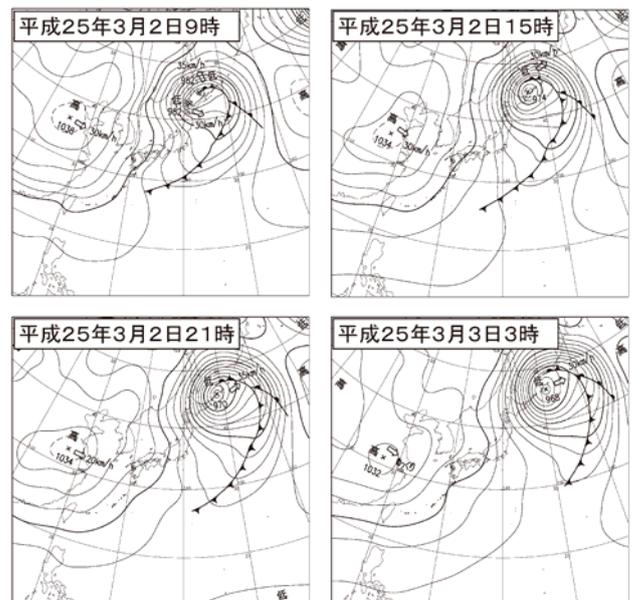
次に事務所管内の過去10年間の冬期の気候の概要を図表2に示す。積雪量は平成15～22年までの平均では267cmであるが、24年度は降雪が多く、平年を78cm上回っている。また、3月の積雪量に着目すると、平年を30cm上回る値となっており、過去10年の観測では2位の値となっている。

3. 平成25年3月2日の気象状況

当日の気象について、天気図とアメダス各観測所の観測値を図表3、4に示す。

3月2日の午前中までは比較的穏やかな天候であったが、根室地方の暴風雪警報が発表された14時頃から風速が強まり、短時間で急速に天候が悪化した。

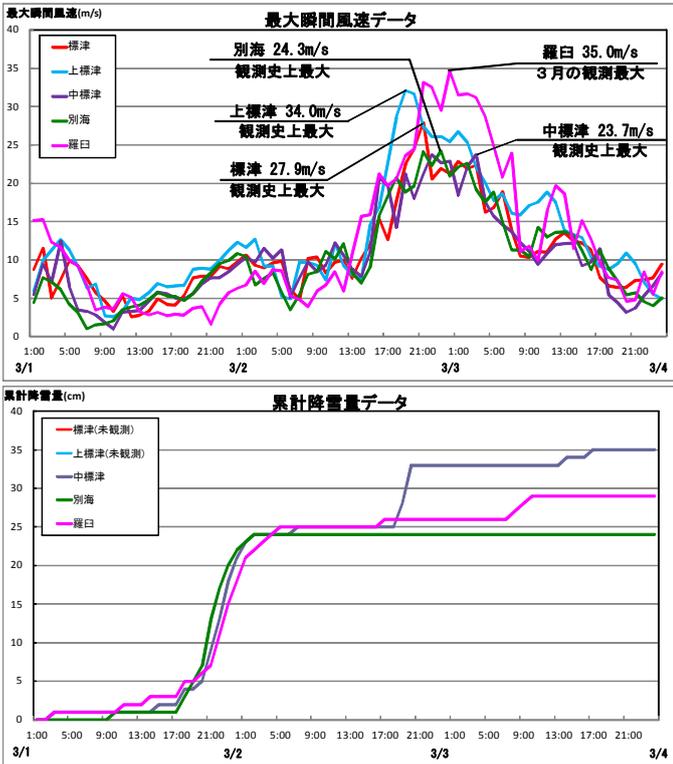
3月1日に25cm程度の降雪があった中で、風速は、中標津町を含む4箇所で観測史上最大となる最大瞬間風速を記録した。



図表3 3月2日～3日の天気図

*1 釧路開発建設部 中標津道路事務所 計画課

*2 釧路開発建設部 中標津道路事務所 工務課



図表4 3月2日～3日の気象データ

4. 事務所の対応

前述の状況によって、事務所が管理する国道の通行止めを行ったが、その中で事務所で行った対応を以下に示す。

4-1 通行規制の実施

3月2日～3日の通行止め状況図を図表5に示す。



図表5 通行止め状況図

事務所では、1日に発表された気象の気象シナリオにより防災体制の準備を行い、2日の天候悪化に向けて道路CCTVカメラ、道路テレメーター及び雪道巡回等により気象や道路状況の情報収集を行った結果、吹き溜まりや視程障害の状況から判断して、17時08分に非常体制をとり全職員を参集、最も早い路線で17時30分から通行止めを行い、最大で管内の4路線5区間、事務所の除雪延長210kmのうち82%に当たる173kmで通行止めを実施した。すべての国道が規制解除となった3日19時まで、のべ通行止め時間は25時間30分である。

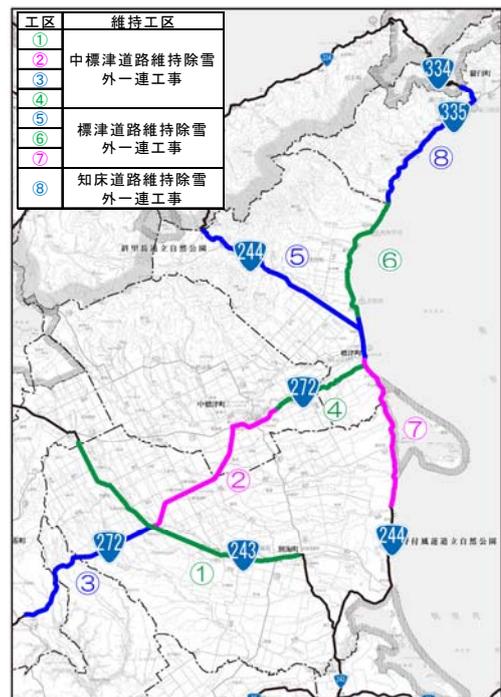
次に、国道と道道の通行止め状況図を図表6に示すが、周辺道路のほぼ全てが通行止めとなったことから、中標津町、標津町、別海町、羅臼町が孤立状態となった。



図表6 通行止め状況図

4-2 除雪作業

事務所管内の各除雪工区を図表7に示す。



図表7 事務所管内の除雪工区

また、各工区の除雪機械配置の内訳を図表8に示す。

維持工区	路線	工区	官貸配置機種	台数
中標津維持	R 243	①	除雪トラック	2
		②	除雪トラック 除雪ドーザー	2 1
	R 272	③	除雪トラック 除雪ドーザー	2 1
		④	除雪トラック	1
	—	①②③④	ロータリー除雪車2.2m (併用)	2
標津維持	R 244	⑤	除雪トラック	2
	R 335	⑥	除雪トラック	1
			除雪グレーダー	1
	R 244	⑦	除雪トラック	1
—	⑤⑥⑦	ロータリー除雪車2.6m級 (併用)	2	
知床維持	R 334	⑧	除雪トラック	2
	R 335		ロータリー除雪車2.2m級	1

図表8 各工区の除雪機械配置

当日は、各工区に配置されている除雪トラック、除雪ドーザー、除雪グレーダー、ロータリー除雪車で除雪作業を行ったが、一部の通行規制区間内においては、立ち往生車両や、除雪トラックのIプラウ高を超える吹き溜まりが発生したため、除雪トラックによる除雪作業が不可能となり、ロータリー除雪車や除雪ドーザーで除雪を行わざるを得なかった。また、除雪が進捗しないことから、隣接する2つの道路事務所に除雪の応援を依頼し、釧路道路事務所から除雪トラック2台、ロータリー除雪車1台、根室道路事務所から除雪トラック2台、ロータリー1台の支援を受け、管内の除雪を行った。

4-3 立ち往生車両の確認と救助

通行止めを行いゲートを閉鎖した後は、まず規制区間内に残る車両の追い出しを行った。追い出しは、除雪作業を行いながら確認された車両から順次行くとともに、立ち往生車両の情報があつた場合は、その場所へ優先して除雪車を向かわせた。救助の方法としては、残された車両が自走できる場合は運転者に移動してもらい、できない場合は運転者をパトロールカー等で避難所まで搬送した。除雪車には、燃料、食料、携帯トイレを装備し、必要に応じて提供した。



図表9 立ち往生車両の救助状況

335号の標津～羅臼間では、除雪作業中に車両複数台の立ち往生が確認されたため、ロータリー除雪車が先導して避難所まで誘導した。この際、薫別トンネルが一時的な避難場所として機能した。

4-4 避難所開設の要請とリエゾンの派遣

通行止めによって多くの道路利用者が移動を制限され、規制区間内及び通行止めゲート付近で留まることになったため、ゲート近傍で一時的に避難することができるような避難所を開設してもらうよう、標津町及び羅臼町に要請した。標津町には「生涯学習センター「あすばる」」、羅臼町には「峯浜町福祉館」(図表10)を避難所として提供していただいた。

また、標津町の避難所には、事務所職員2名をリエゾンとして派遣し、避難者が使用する毛布や食料等の支援物資の提供、避難者に関する情報収集、避難所の役場職員への情報提供、情報収集を行った。

なお、中標津警察署からは事務所庁舎にリエゾンを派遣していただいたことで、互いの情報共有をスムーズに行うことができた。



(a) 避難所 峯浜町 福祉館 (羅臼町)



(b) 避難所 生涯学習センター「あすばる」(標津町)



図表10 避難所とリエゾン派遣の状況

②維持業者との情報の集約化

事務所管内の維持除雪工事は、3工事に分かれており、さらに4-2で示したように各工事で複数工区を管理している。今回のように複数工区で通行止めを行った場合は、維持業者の担当者がそれぞれ異なるため、現地との情報のやり取りが煩雑となる。このため、複数工区が通行止めになるような場合は、各工事単位で事務所と受注者との連絡を行う窓口を集約化することが必要である。

③立ち往生車両の救助

立ち往生車両の情報を受けた場合でも、その時点での除雪車の位置や視程障害の大きさによっては、早期に現場へ到達することが不可能な場合がある。今後は、消防署、自治体、警察、他の道路管理者と立ち往生車両の情報を共有し、各機関が行う役割や優先順位を明確にして、各々が行い得る最善の対応を行う必要がある。そのためには、事務所が立ち往生車両から連絡を受けた時は、状況や容体など各機関で必要となる情報を聞き取っておくことが重要である。

④避難所の開設

今回の暴風雪では、羅臼町と標津町の避難所の開設について、事前に協議を行っていたため、スムーズに開設していただくことができた。今後は、他の自治体とも避難所の増設について協議を進めることを考えている。

⑤道路利用者への情報提供

今回のような暴風雪時には、道路利用者に出るだけ外出を控えてもらうこと、また実際に暴風雪の中で立ち往生した場合、身の安全のためにとるべき行動を知ってもらうことが、防災の自助に繋がる。釧路開発建設部としては、道路の通行止め情報の提供や、吹雪の予測システム、冬道ドライブの注意点について、下記について広報を行っている。

1) 道路情報提供サービスの周知

- ・「北の道ナビ 吹雪の視界情報」(寒地土木研究所) 1)
- ・「あんしん道路情報」(釧路開発建設部)
- ・「国道の通行止め情報がメールで届きます！」(北海道開発局)

- ・「国道情報連絡所」(釧路開発建設部)

- ・「(財)道路交通情報センター」2)

2) チラシ・リーフレットによる周知

- ・「ヒヤリマップ2013冬」(釧路開発建設部)
- ・「吹雪ドライブのコツ」(寒地土木研究所) 1)
- ・「雪に埋もれた車の中は危険です」(寒地土木研究所) 1)
- ・「冬道ドライブの心構え」(釧路地方道路防災連絡協議会)
- ・「気をつけて！雪道運転」(北海道開発局、北海道運輸局、

北海道、北海道警察、札幌市、東日本高速道路(株)

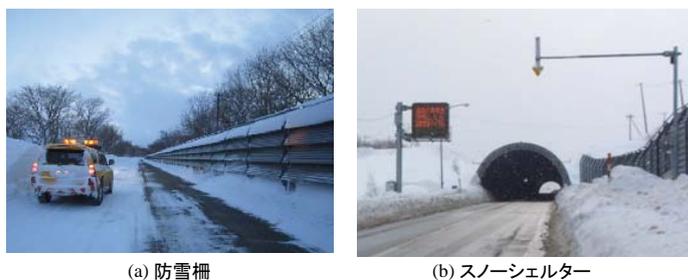


図表 1 4 広報の事例

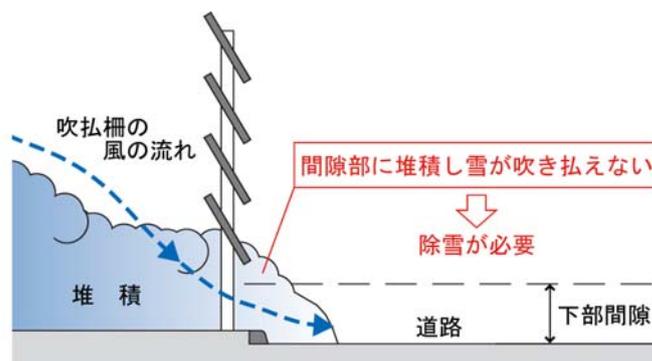
広報方法としては、チラシを関係機関の庁舎や「道の駅」などに設置、関係機関へのチラシデータの提供、運転免許試験場の職員を対象とした出前講座、コミュニティFMでの注意喚起といった手法で、広く周知しているところである。

⑥防雪対策の実施

防雪のハード対策としては、既存区間の延伸を主とした防雪柵の新設、視線誘導施設の設置、スノーシェルターの延伸等のハード対策(図表 1 5)が考えられる。また、既設の防雪柵については、図表 1 6のように、暴風雪時に効果を最大限発揮できるように、日常から柵部分の除雪を行うことが必要である。



図表 1 5 ハード対策のイメージ



図表 1 6 既設防雪柵

6. まとめ

以上のとおり、暴風雪災害時の対応では、関係機関との情報共有及び連携が重要である。今後は道路管理者と関係機関の間で、地域における道路の通行規制や被災状況などに関する一元化された情報を基に、連携を図ることができるような体制づくりが必要である。

参考

- 1) 独立行政法人土木研究所寒地土木研究所
- 2) 財団法人道路交通情報センター

国道279号における冬期交通障害予測情報について

竹内大樹*1 中村浩一*1 丹治和博*2 西田尚史*2

1. はじめに

青森県が管理する国道279号の野辺地町～むつ市間では、発達した低気圧による大雪や暴風雪により平成24年2月1日～2日にかけて400台を超える車両が道路上で立往生する気象災害が発生した。そこで、青森県では同様の交通障害をもたらす大雪や吹雪に関する気象予測情報（冬期交通障害予測情報）を検討するとともに、この情報に基づいた関係市町との連携・対応策を構築した。さらに、平成24年度冬期には国道279号（野辺地町～むつ市）を対象として、この冬期交通障害予測情報を運用したので、その結果も併せて報告する。

2. 平成24年2月1日～2日の大雪・吹雪災害

平成24年2月1日に寒気を伴って発達した低気圧が東北地方北部を通過したため、青森県内各地は大雪や暴風雪に見舞われ各地で交通障害が発生した（図-1）。

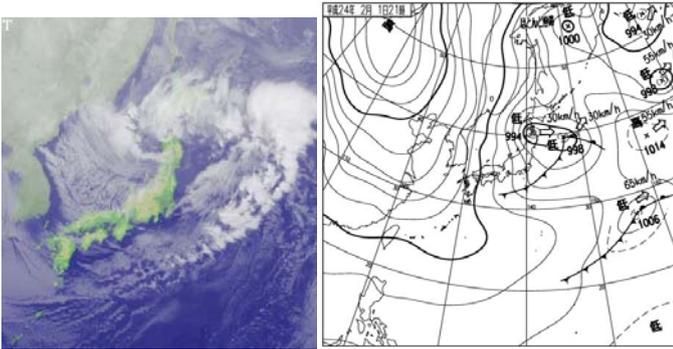


図-1 2月1日21時の衛星画像(左)と地上天気図(右)

特に、2月1日の降雪量は横浜町で65cm、むつ市近川で82cmに達する大雪となった。また、2月1日の最大風速は野辺地で16.1m/s、むつで9.8m/sを記録した。図-2、図-3に近川テレメータ、野辺地アメダスの気象経過を示すが、2月1日の夕方から夜半にかけて激しい降雪となり、風速が急速に強まったことがわかる。

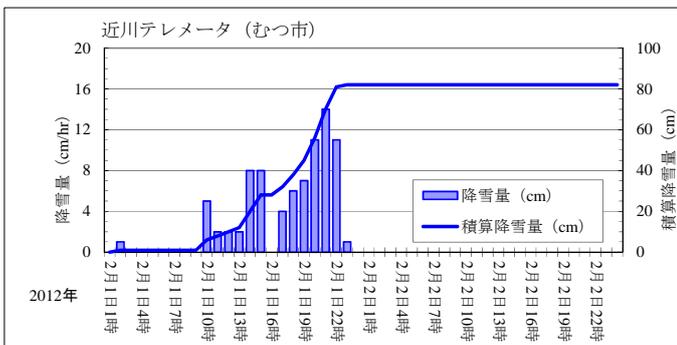


図-2 近川テレメータの気象経過（降雪量）

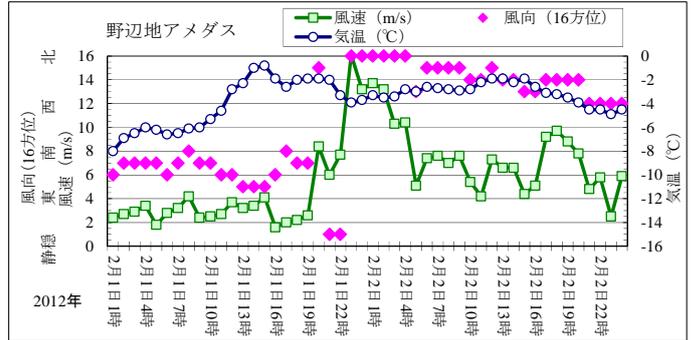


図-3 野辺地アメダスの気象経過（風向風速・気温）

この大雪・暴風雪のため、国道279号の野辺地町～むつ市では、横浜町有畑地内を始め大雪や吹きだまりによって身動きできなくなる車両が続出した。そのため、青森県では野辺地町有戸からむつ市大曲までの国道279号（約39km）を1日21時から2日16時30分まで通行止めとするとともに、横浜町の要請を受け、雪に埋もれた車両の救出のため自衛隊への災害派遣要請を行った。



写真-1 立往生した車両（横浜町浜田付近）

この大雪・吹雪災害となった国道279号の災害状況および路線の特徴として次の点が挙げられる。

- 幅員が狭くアップダウンが連続する区間が多く、冬期には大型車の行き違いも厳しい箇所がある。
- そのため、スタックした大型車に起因した渋滞が発生し、多くの車両の身動きができなくなった。
- また、大型車のスタック車両は重機で引き上げることができず、除雪作業の大きな障害となった。
- 除雪車も渋滞に巻き込まれ、Uターンさえできない状況となり、道路除雪が機能できなかった。
- 防雪柵は道路西側に設置されているが、東寄りの風と大雪のため、吹きだまりと視程障害が発生した。

* 1 青森県県土整備部道路課維持補修グループ * 2 一般財団法人日本気象協会

3. 冬期交通障害予測情報の検討

平成24年2月1日～2日の大雪・吹雪災害では幸い人的被害はなかったものの、通行止めが19時間30分におよび復旧に多大な時間を要した。そこで、青森県では大規模な交通障害の恐れがある大雪や吹雪に際して、被害の軽減と早期の復旧を目的とした通行規制管理を的確に行うための冬期交通障害予測情報の検討を行った。

(1) 対象区間と予測箇所の検討

前述の大雪・吹雪災害による被災状況と除雪管理体制を勘案し、国道279号（野辺地町～むつ市）を3つの規制区間に分け冬期交通障害予測情報を検討した。この3区間に対して、大雪や吹雪による交通障害が著しかったり過去に除雪の障害となった箇所、路線の地形条件、周辺環境、交通状況などを総合的に加味して区間の代表点を決定した。冬期交通障害予測情報ではこの代表点を予測地点とした。その概要を図-4に示す。

①むつ市區間（予測代表箇所：むつ市内）

車道や歩道の幅員が狭く、起伏のある区間が連続し、大雪や吹雪による交通障害が懸念される。

②横浜町区間（予測代表箇所：横浜バイパス北）

横浜バイパスの北側交差点に相当し、周囲が開け吹雪や吹きだまりの常襲区間である。

③野辺地町区間（予測代表箇所：野辺地町木明）

有戸～木明間では吹雪による視程障害の発生頻度が高く、また、下北半島縦貫道との結節点でもある。

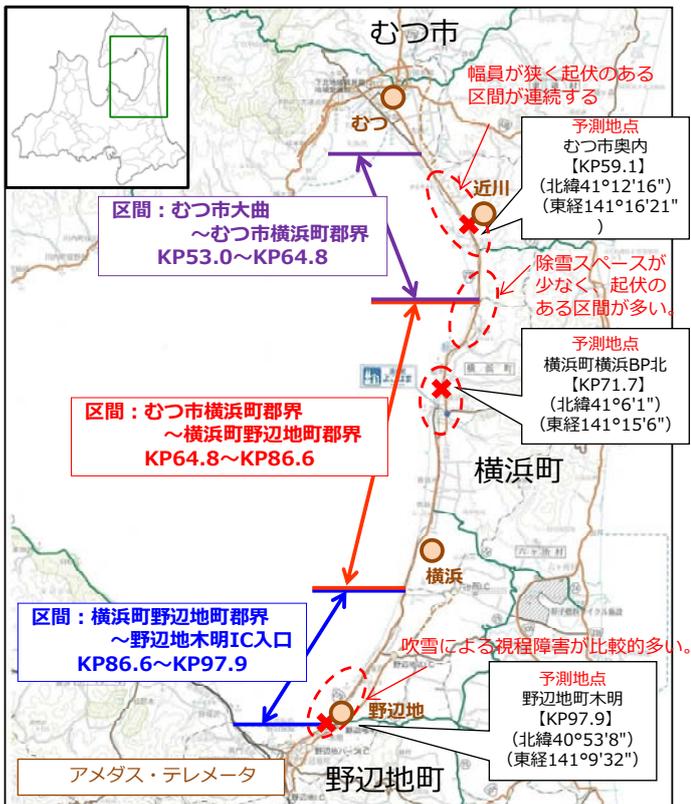


図-4 冬期交通障害予測情報の予測地点

(2) 基準値の検討

大雪・吹雪災害を対象とした冬期交通障害予測情報では、通行規制基準に用いる気象要素として降雪量と吹雪量を採用した。吹雪量とは、風向に直交する単位幅1mを通過する地吹雪の総量として定義される指標である。この吹雪量の算定に際しては「道路吹雪対策マニュアル（寒地土木研究所、平成23年3月）」から次式を用いた。また、吹雪量の予測値では密度0.35g/cm³として毎時値に体積換算した値（m³/m）を用いている。

$$Q=0.005U_{1.2}^4$$

Q：吹雪量（g/m/s）

U_{1.2}：高さ1.2mの風速（m/s）

ここで、吹雪の発生条件は表-1に従った。

表-1 吹雪の発生条件

降雪あり	0>TP>-5	かつ	U _{7.0} ≥6.0
	-5≥TP	かつ	U _{7.0} ≥5.0
降雪なし	0>TP>-5	かつ	U _{7.0} ≥11.0
	-5≥TP	かつ	U _{7.0} ≥10.0
TP:気温(°C)、U _{7.0} :高さ7.0mの風速(m/s)			

冬期交通障害予測情報が対象とする国道279号（野辺地町～むつ市）の近傍観測所の過去気象データから、降雪量および吹雪量の分析を行い、大雪や吹雪による交通障害の発生状況と照らし合わせることで、通行規制基準を検討した。収集した気象資料は次のとおりであり、図-3にもその位置を示している。

〔気象庁〕むつ、野辺地（昭和57年度～平成23年度）

〔青森県〕近川、横浜（平成18年度～平成23年度）

その結果、交通障害の恐れのある基準値として表-2の注意レベル、警戒レベルを設定した。警戒レベルは通行規制の実施となる基準値であり、注意レベルは今後の気象状況によっては通行規制を検討すべき準備態勢に入る基準として位置づけられる。なお、吹雪量の基準値が風向によって異なるのは、路線西側は防雪柵が設置され風向に対する防雪力が異なるためである。

表-2 冬期交通障害予測情報の基準値

項目		警戒レベル	注意レベル
降雪量	3時間	25cm以上	15cm以上
	6時間	30cm以上	20cm以上
吹雪量	3時間（東系）	3m ³ /m	2m ³ /m
	3時間（西系）	10m ³ /m	6m ³ /m

上述の過去の気象データから、表-2の基準値を超過する頻度を検証したところ、過去30年間で注意レベルの超過は合計54回、警戒レベルの超過は合計6回であった。これは、注意レベルに達する大雪や吹雪は年2回程度、警戒レベルに達する大雪や吹雪は5年に1回程度見込まれることを意味している。

(3) 災害時の予測資料による検証

この冬期交通障害予測情報の有用性を検証するため、平成24年2月1日～2日の大雪・吹雪災害を対象に、当時の気象予測データを基にした降雪量、吹雪量を算定し、基準値の超過状況を再現した。図-5、図-6はそれぞれむつ市奥内と横浜町横浜BP北での6時間降雪量（予測値）、図-7は野辺地町木明での3時間吹雪量（予測値）の時間経過を示したものである。これらの図はいずれも平成24年1月9時～2日13時を対象に、1日9時現在、12時現在、15時現在の予測値の経過を毎時で示している。図中には、比較のため実測値（むつ市奥内：むつ、横浜町横浜バイパス北：横浜、野辺地町木明：木明）を実線（黒）で示している。なお、図-6の吹雪量の実測値は気象観測値からの計算値である。

①むつ市区間（むつ市奥内）

9時現在の予測値では実測値に比較して過少評価ではあるが、12時予測からは実測値と同様の降雪量であり、20時から警戒レベルを超えることを予測しており、夕方以降の大雪を的確に捉えている。

②横浜町区間（横浜バイパス北）

降雪量の実測値は夕方にピークを迎えた後、深夜に一時的に警戒レベルを超える程度であった。一方、12時以降の予測値は18時から警戒レベルを超過すると予測している。ただし、実測値の横浜は当該区間よりやや南に離れ、同時刻から付近で交通障害が多発したことから、同区間の実際の降雪量は予測値に近かったものと思われる。

③野辺地町区間（野辺地町木明）

野辺地区間では3時間吹雪量の予測値が警戒レベルを超過した。実測値による吹雪量は2日1時に警戒レベル付近に達し、予測値はやや過大評価であった。しかし、吹雪量の時間経過は実測値に近く、現地の吹雪発生状況を予測できていたと考えられる。

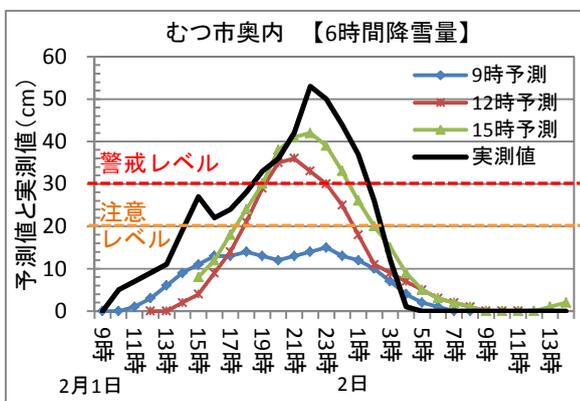


図-5 災害時の予測値検証結果（むつ市奥内）

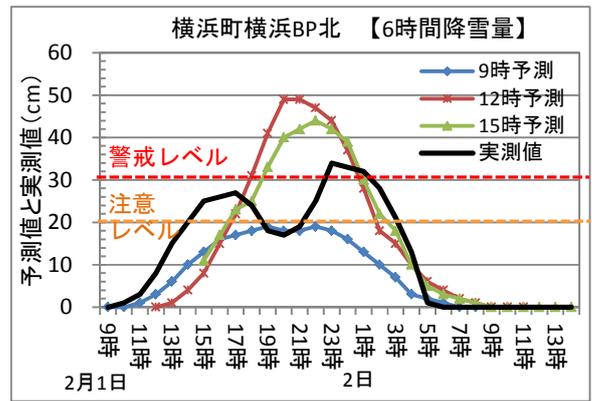


図-6 災害時の予測値検証結果（横浜町横浜BP北）

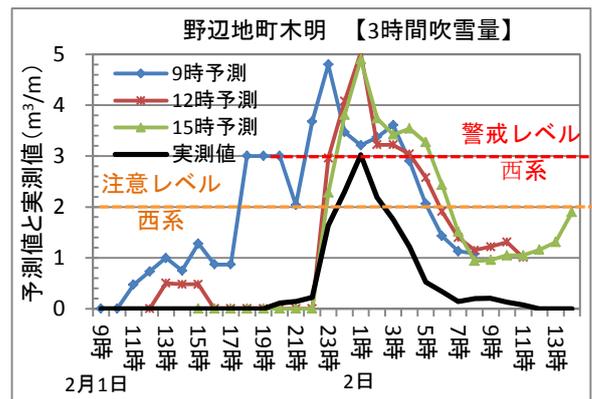


図-7 災害時の予測値検証結果（野辺地町木明）

また、平成23年度冬期を対象として局地気象予測モデルの予測値から冬期交通障害予測情報を再現したところ、9時予測と15時予測の合計で注意レベル超過事例が3事象、警戒レベル超過が2月1日～2日の1事象となった。過去の観測資料による解析結果、平成23年度冬期の予測資料による検討結果から、冬期交通障害予測情報は適切な通行規制管理に活用できるものと考えられる。

(4) 冬期交通障害予測情報の情報提供の流れ

この冬期交通障害予測情報は局地気象予測モデル（5km×5km）による風向風速、気温、降雪量を基にし、3時間・6時間降雪量、3時間吹雪量を予測する。局地気象予測モデルは3時間ごとに更新されるため、冬期交通障害予測情報も3時間ごとに最新の予測値となる。そこで、平常時は9時と15時に予測表をPCメールに配信し（定時配信）、基準値（注意レベル、警戒レベル）を超過すると予測される場合には、携帯電話へのメール通知と最新の予測表をPCメールに配信することとした（臨時配信）。臨時配信では、予測値が基準値を下回るまで、3時間ごとに最新の予測表がPCメールに送付される。

この冬期交通障害予測情報は、青森県庁の維持担当職員（道路課、地域整備部）のほか、委託業者、沿道市町の道路担当者にも配信される。

この冬期交通障害予測情報の流れを図-8に示す。

4. 冬期交通障害予測情報による災害対応の検討

この冬期交通障害予測情報による警戒レベル超過までの時間に応じた道路管理者の対応方針を検討した。その基本的な考え方を以下に示す。

[警戒レベル～12時間前]

⇒通行規制への態勢準備

[警戒レベル～6時間前]

⇒通行規制への態勢構築

[警戒レベル～3時間前]

⇒通行規制検討

[警戒レベル～1時間前]

⇒通行規制準備

[警戒レベル超過時]

⇒通行規制実施

[通行規制実施中]

⇒通行規制解除検討

[解除作業～通行規制解除]

⇒通行規制解除、態勢解除

平成24年2月1日～2日の大雪・吹雪災害を対象に、当時の局地気象予測モデルの予測値から冬期交通障害予測情報を再現し、上述の対応方針に基づいて災害対応シナリオを検討したのが図-9である。この災害対応シナリオは、冬期交通障害予測情報による予測表の配信、携帯電話へのメール通知を想定し、青森県庁の道路維持担当職員のほか委託業者、関係機関、沿道市町との協議・連絡体制を検討したものである。

青森県ではこの災害対応シナリオに基づき、冬期交通障害予測情報による県庁関係部署、除雪業者、関係市町との情報伝達訓練を平成24年11月に実施した。さらに、平成25年11月には通行規制実施を想定した人員や機材配置まで含めた情報伝達訓練を実施した。

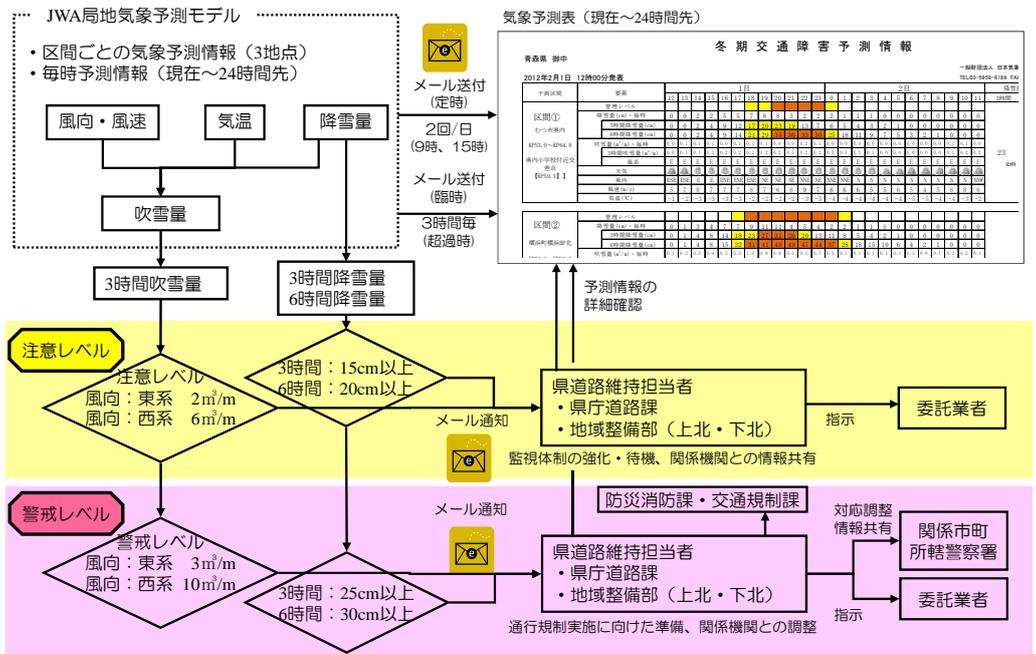


図-8 冬期交通障害予測情報による情報提供の流れ

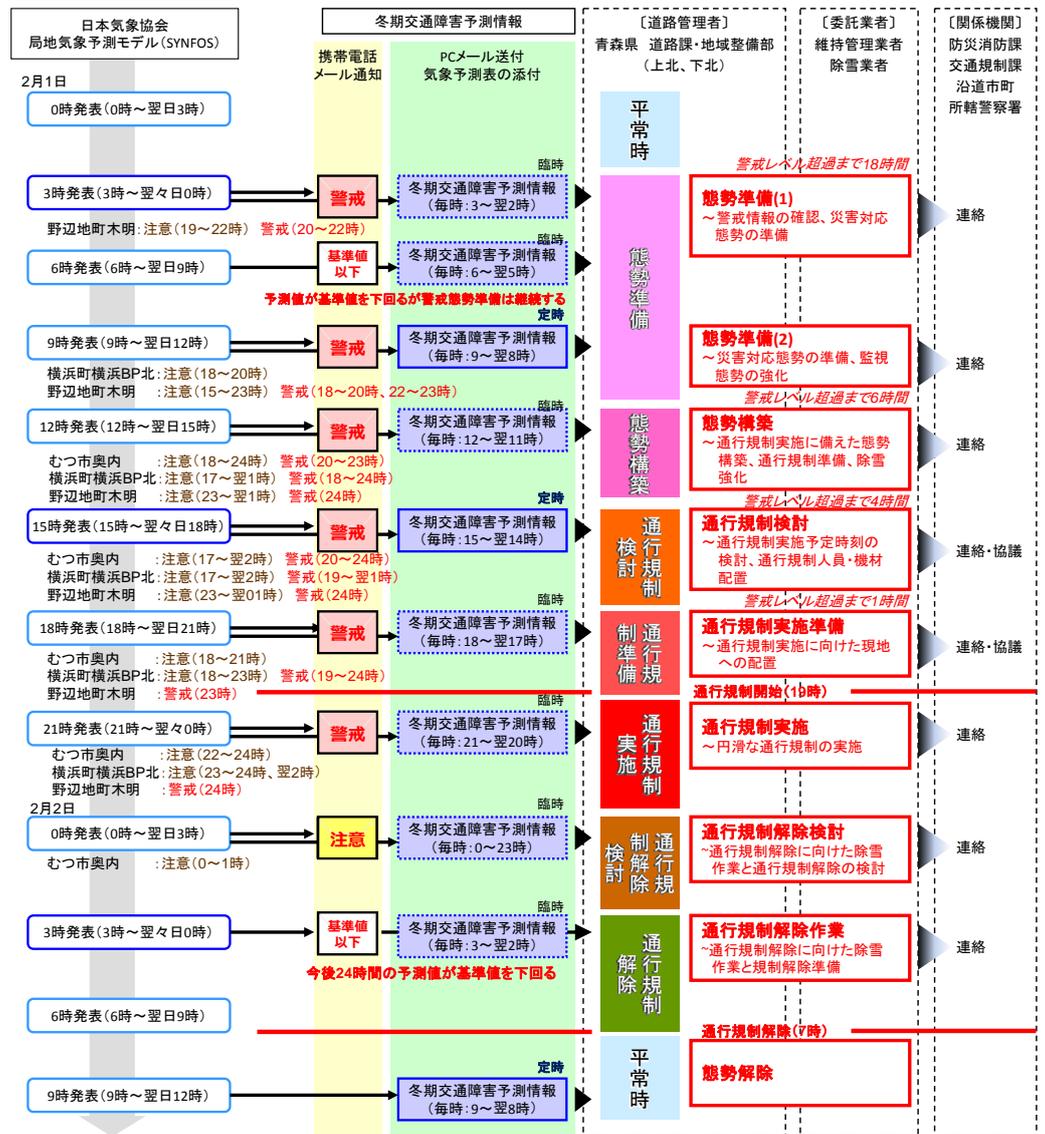


図-9 平成24年2月大雪・吹雪災害を想定した災害対応シナリオ

5. 平成24年度の冬期交通障害予測情報の実施

(1) 冬期交通障害予測情報の実施

平成24年度冬期に運用した冬期交通障害予測情報の概要を表-3に示す。情報提供の流れは前述した図-8のとおりである。

表-3 冬期交通障害予測情報の試行内容

項目	概要
試行期間	平成24年12月1日～平成25年3月20日
情報項目	通行規制関連……管理レベル、降雪量、吹雪量 その他の予測……気象概況、天気、風向風速、気温
情報提供方法	PCメール………予測表 携帯電話メール…基準値超過時、基準値解除時
予測時刻	平常時………9時、15時 基準値超過時……最大3時間毎
配信先	青森県(道路課、地域整備部)、除雪業者、沿道市町

(2) 一般道路利用者への情報提供

平成24年度冬期に運用した冬期交通障害予測情報は、道路管理者や関係機関だけでなく、基準値の超過が予測される場合には、「青森みち情報(NPO法人青森ITSクラブ運営)」を通じて一般道路利用者への情報提供も実施した。具体的には、「青森みち情報」のPCページ(<http://www.koutsu-aomori.com/cgi-bin/index.cgi>)と携帯電話web(<http://aomori.cc/road/>)に一般道路利用者向け冬期交通障害予測情報へのリンクを張った。

一般道路利用者向けへの情報提供は、基準値を超過する予測が出たときのみ、以下の項目を掲載した。

- ・警戒レベルと注意レベルの区分
- ・基準値を超過すると予測される区間
- ・基準値を超過する時間帯

図-10には基準値超過時における一般道路利用者向けのPCページでの情報提供例を示す。



図-10 一般道路利用者向け情報提供(PCページ)

(上：平常時、下：基準値超過時)

警戒レベルを超過した2事例のうち、12月6日の事例は、低気圧が発達しながら通過し強い冬型気圧配置となったものである。この事例は12月初めの初冬期で路線周辺にはまだ積雪がほとんどなく、風は非常に強く多少の降雪はあったものの著しい地吹雪の発生はみられなかった。冬期交通障害予測情報の吹雪量予測では現地に積雪があることを前提としていたため、路線周辺の積雪状態を反映することが課題となった。

また、3月2日の事例は局地気象予測の気温が、予測の発表時間によって吹雪発生条件である0℃前後を行き来したために、直前の予測で大きな吹雪量が急に予測されたものであった。しかし、実際には気温が0℃をわずかに超えたため著しい吹雪の発生とはならなかった事例である。平成24年度冬期の運用では、こうした気象の予測精度を加味した冬期交通障害情報の吹雪量予測の設定が課題となった。

こうした平成24年度冬期の運用結果を踏まえ、平成25年度冬期の冬期交通障害予測情報では、現地の積雪の有無や気温予測値の変動を加味した吹雪量予測の調整などの改良を行うこととした。

6. 冬期交通障害予測情報の運用結果

(1) 運用結果

平成24年度に冬期交通障害を運用した結果、警戒レベル、注意レベルに達すると予測されたのは次の表-4の6事例であり、警戒レベル超過が2回、注意レベル超過が4回(2事象)であった。

表-4 冬期交通障害予測情報の運用結果

日時		管理レベル		超過区間 超過時間帯
日付	時刻	警戒	注意	
2012年12月6日	9:00	○		区間①むつ市奥内 1～3時(警戒) 0～5時(注意)
2013年2月13日	6:00		○	区間①むつ市奥内 7～11時(注意)
2013年2月24日	3:00		○	区間①むつ市奥内 11～12時(注意)
	6:00		○	区間①むつ市奥内 10～13時(注意)
	9:00		○	区間①むつ市奥内 10～14時(注意)
2013年3月2日	9:00	○		区間②横浜町横浜BP北 9～10時(警戒)

(2) アンケート、ヒアリング結果

冬期交通障害予測情報の運用後にメール配信先である道路管理者、維持業者、沿道市町へのアンケートおよびヒアリングを実施した。その結果、平常時の配信回数については92%が現状の9時、15時で良いと回答する人が多かった。また、基準値については80%が概ね良いと回答し、基準値を超過した時の配信時刻（3時間毎）についても肯定的な意見が多かった。

一方で、この冬期交通障害予測情報は国道279号の円滑な通行規制管理を目的としたものであるが、沿道市町では市町道の除雪管理や休日の職員体制の参考資料として幅広く活用されていた。

こうした点から、冬期交通障害予測情報は吹雪量予測に関わる積雪や予測誤差の扱いなどの課題はあるものの、基準値や情報配信のタイミングについては現状の通りで良いと考えられる。

7. まとめ

青森県では、平成24年度の運用結果を踏まえ吹雪量予測などの必要な改良を加えて、平成25年度冬期も冬期交通障害予測情報を引き続き運用している。冬期交通障害予測情報は、前述した平成24年度冬期での課題（吹雪量における積雪の扱いなどのパラメータ設定や予測誤差の扱い）を解決するだけでなく、今後の運用結果を踏まえて基準値の見直しや予測手法などの改良を必要に応じて重ねる予定である。

また、平成24年度冬期は「青森みち情報」を通じた一般道路利用者への情報提供にとどまったが、平成25年度冬期には一般道路利用者を対象にした国道279号の通行規制情報のメール配信サービスも開始した。

青森県では、県内の円滑な通行規制管理と安全性を確保するため、冬期交通障害予測情報のさらなる改善やその有効活用を今後も進めていく予定である。

8. 参考文献

- 1) 道路吹雪対策マニュアル：（独）土木研究所寒地土木研究所、平成23年3月
- 2) 雪氷調査法：北海道大学図書刊行会、日本雪氷学会北海道支部編、平成3年6月

吹雪の視界情報と投稿情報

－ 視界予測情報の提供と自動撮影投稿システムの開発 －

金子 学^{*1}、國分徹哉^{*1}、松澤 勝^{*1}

1. はじめに

近年、急激に発達した低気圧の影響により、今まで吹雪の発生頻度が低かった地域でも、吹雪による交通障害が発生するようになってきている。防雪柵や防雪林等の吹雪対策施設の整備には、多くの時間と費用が必要となるほか、激甚的な吹雪事象への対応には限界がある。このため、吹雪時の視程障害を予測し、インターネットを通じて情報提供することにより、吹雪時のドライバーの判断を支援することとした。また、道路管理者が道路状況を把握するため、CCTVカメラの整備を進めてきているが、設置と運用に多額の費用を要することから、一般のドライバーからの携帯電話による投稿や、走行中の車両からの自動的な写真撮影により、道路情報の収集を図るシステムの構築を行うこととした。これらのシステムの概要と試験運用の結果について、以下に報告する。

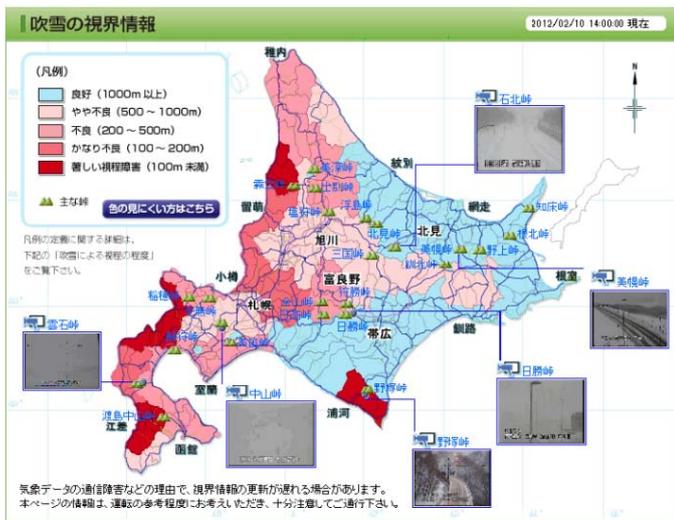
を46のエリアに区分し、現況の視程の推定結果について情報提供を実施した（図－1）。

平成25年2月からは、視程の予測情報の提供を開始することとしたが、利用者ニーズに即した情報提供とするため、エリア区分や予測対象時間等に関するアンケート調査を実施した。調査の結果、エリア区分に関する設問（図－2）では、大多数の回答者（94%）が、市町村単位や1km四方メッシュのような、従来区分より細かな区分を望んでいることが判った。このため、エリア区分は市町村単位を基本とし、広い自治体等についてはさらに詳細な区分（合併した自治体では旧自治体区分、札幌市は区による区分）に改め、従来の46から203のエリアに細分化した。また、予測対象時間に関する設問（図－3）

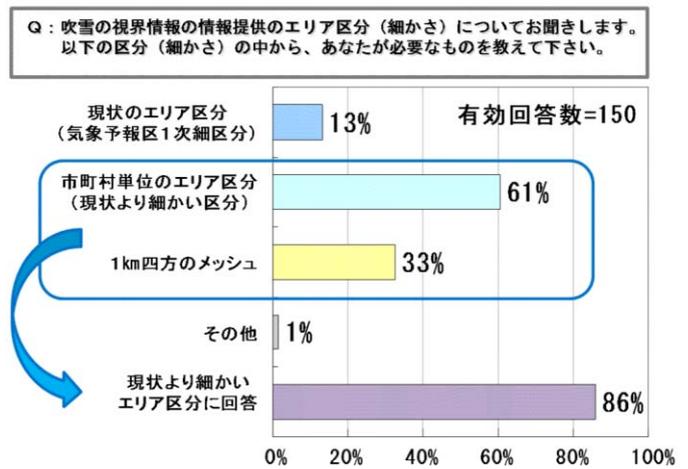
2. インターネットサイト「吹雪の視界情報」

2.1 「吹雪の視界情報」の改良

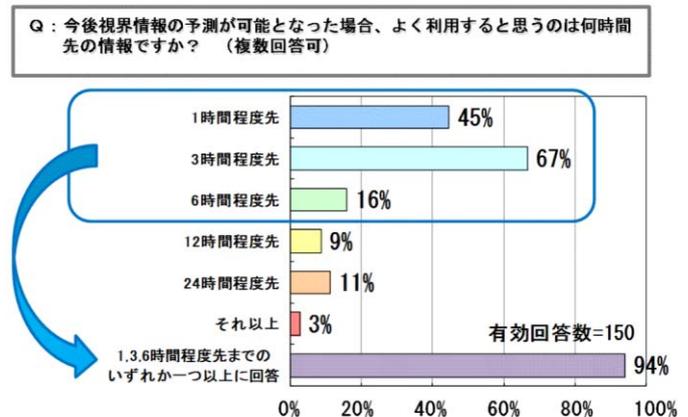
吹雪時の道路利用者の判断を支援するため、当研究所では、気象データ（降雪強度、風速、気温）から吹雪時の視程を推定する手法を開発し¹⁾、平成20年度からインターネットサイト「吹雪の視界情報」で吹雪時の視程障害状況に関する情報提供を行ってきた。当初は、北海道



図－1 「吹雪の視界情報」（従来）



図－2 エリア区分に関する設問と回答



図－3 予測情報に関する設問と回答

*1 独立行政法人土木研究所 寒地土木研究所 寒地道路研究グループ 雪氷チーム

では、1～6時間先の予測のニーズが94%（重複回答を除く）と特に高く、また、24時間先までの予測のニーズも一割程度あることが判った。このため、1～6時間先までは1時間毎の、それ以降は9、12、24時間先の予測情報を提供することとした。

エリア区分の見直しや予測情報の追加に合わせて、主要な情報について一覧で確認できるよう、従来は個別のページにあった「吹雪の視界情報」と「冬の路線情報」、「吹雪の投稿情報」のほか、吹雪時に有用と考えられる「気象警報・注意報」、「道路通行止め情報」、「お役立ち情報」を一つのページに集約するポータルサイト化を行った（図-4、<http://northern-road.jp/navi/touge/fubuki.htm>）。予測情報の提供には、気象業務法及び同法施行規則により、気象予報士の資格が必要となるため、予測を行う午前6時から午後9時までの間について、在籍する3名の気象予報士が予測結果の妥当性を確認の上、公開を行っている。なお、視界不良の程度については、吹雪時のドライバーの運転挙動に関する研究成果²⁾をもとに、視程を5ランクに分類し色分け表示する。

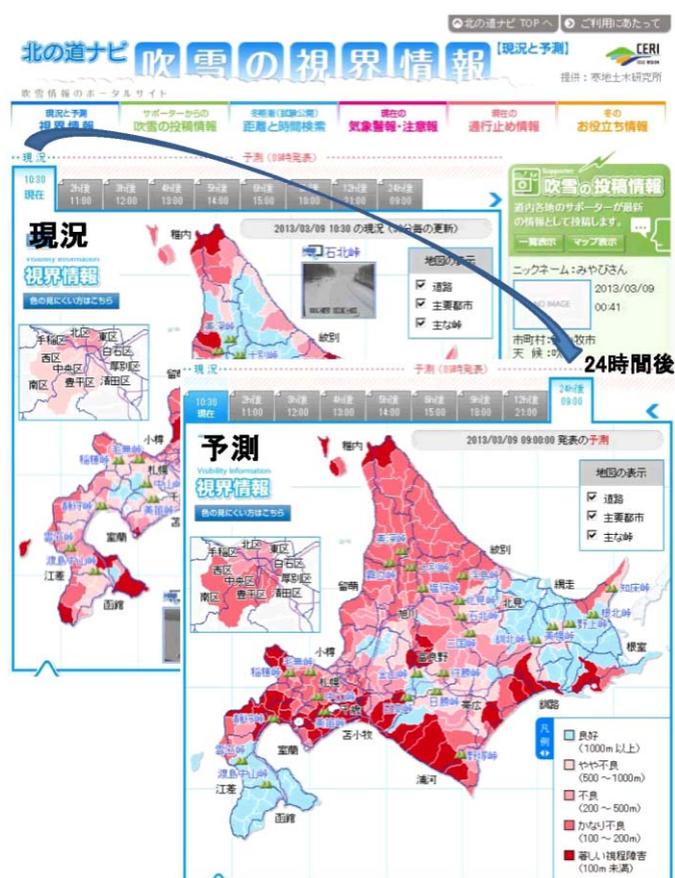


図-4 「吹雪の視界情報」(改良後)

2.2 「吹雪の視界情報」のアクセス数と評価

「吹雪の視界情報」の日平均アクセス数は、平成22年度は426件、23年度は616件、24年度は1098件と年々増加の傾向にあり、特に予測情報の提供開始以降は約1500件と大幅に増加していた。図-5に平成25年2月以降の1日毎のアクセス数を示す。平成25年3月2～3日には北海道内全域で大荒れの天候となり、道東地方等で吹雪災害が発生したが、この時には最大で約5千件のアクセスがあり、また、日本海側で暴風雪となった翌週末（3月9～10日）には過去最多の6千件近いアクセス数を記録した。天候悪化時にアクセス数が急増していることから、利用者は視界情報を行動判断に積極的に活用していることが伺われた。予測情報の提供後に実施したアンケート調査では、回答者の72%が予測情報に高い評価を与えていた（図-6）。吹雪災害の被害軽減に向けては、情報提供によってドライバーの行動を変化させることが重要であるため、今後はドライバーの安全な行動を促す情報内容や、表現方法について検討を進める予定である。

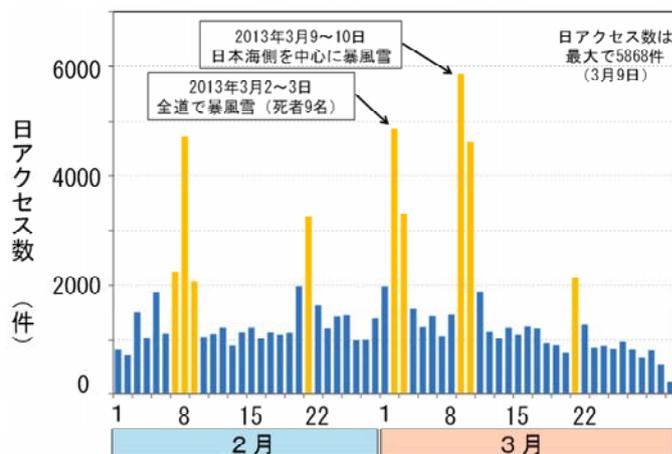


図-5 視界予測情報提供後のアクセス数

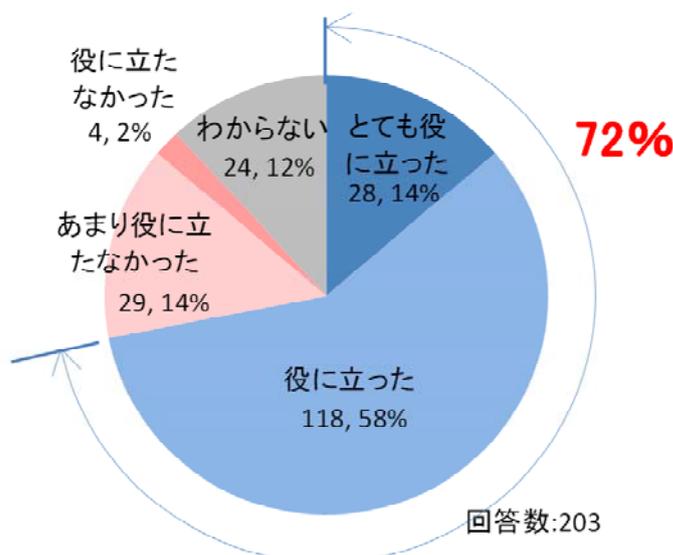


図-6 アンケート調査における予測情報への評価

3. 「吹雪の投稿情報システム」

道路管理者が道路状況を把握するため、CCTVカメラ等の整備を進めてきているが、こうした機器の整備や運用には多額の費用が必要となる。また、「吹雪の視界情報」は、気象データを用いて視界不良の推定を行っており、局地的な視界不良については表現できない場合も考えられる。そこで、こうした局地的な視界不良の情報を収集するため、道路利用者が携帯電話等により視界不良の状況を投稿する「吹雪の投稿情報システム」の構築と試験運用を行った(図-7)。本システムは、一般の道路利用者がパソコンや携帯電話により、吹雪発生箇所や視程、天候、コメント(任意)、写真(任意)を投



図-7 「吹雪の投稿情報システム」概要図



図-8 「道路画像自動撮影投稿システム」概念図

稿し、その情報をインターネットサイト「吹雪の投稿情報」(<http://time-n-rd.jp/fuyumichi/info>)で一般向けに提供するものである。情報は表形式の表示を基本とするが、携帯電話のGPS機能等により位置情報が取得できた場合には、地図上に投稿地点を自動的に表示する機能も設けている。なお、悪意のある投稿や不適切な投稿を防ぐため、投稿者は事前登録制とした。

平成24年度の投稿登録者数は206名、投稿件数は224件となっており、吹雪発生時に多くの投稿があったことから、道路利用者からの情報収集については、一定の可能

性が認められたが、投稿数は十分に多いとはいえず、今後はPRに努めるほか、投稿操作をより容易にする方法についても、検討を行う予定である。

4. 「道路画像自動撮影投稿システム」

「吹雪の投稿情報システム」の試験運用で、投稿数が十分ではなかったため、投稿者に対する聞き取り調査を行った。その結果、吹雪による視界不良時のドライバーには、写真撮影や視界状況の入力、投稿等の操作を行う余裕が期待できないことが判った。



図－9 投稿画像表示画面（地図表示）

そこで、吹雪時の道路画像を自動的に取得できるよう、常時走行する車両（バス、タクシー、トラック等）を想定し、カメラによる定期的な撮影とGPSによる位置情報の取得、情報サーバへのデータ送信を自動的に行う「道路画像自動撮影投稿システム」の開発を行うこととした。近年普及が進むスマートフォンには、これらの機能が予め搭載されているため、情報収集にはスマートフォンを用いることとし、自動撮影・投稿プログラムを作成し、当研究所が所有するライトバンに搭載して試験運用を行った（図－8）。本プログラムは、予め設定画面で撮影時間間隔と撮影画像サイズを設定し、車両のダッシュボード上にスマートフォンを置き、撮影開始ボタンを押すことにより動作を開始する。撮影画像はGPSにより取得した緯度経度情報とともに情報サーバに送られ、情報サーバは情報をデータベースに格納し、閲覧者のリクエス

トに応じて地図上に情報を表示する（図－9）。試験運用の結果、数多くの画像の収集と地図上への表示が自動的に行われることが確認できたが、実用化に向けては以下の課題があることが判った。

- ・前走車の標識や事故現場等が撮影される。
- ・視界障害発生箇所以外の不要な画像が収集される。
- ・停車時に道路以外の不要な画像が撮影される。

今後、これらの課題の解決に向けた検討を行う予定である。

5. まとめ

吹雪時のドライバーへの安全支援に向けて、インターネットサイト「吹雪の視界情報」において予測情報の提供を開始し、これと同時に吹雪時に有効と考えられる一連の情報を集約するポータルサイト化を行った。また、局地的な吹雪による視界不良の情報を収集するため、道路利用者が携帯電話等により視界不良の状況を投稿を行う「吹雪の投稿情報提供システム」と、常時運行する車両による運用を想定した「道路画像自動撮影投稿システム」の開発と試験運用を実施した。今後は、道路利用者の安全な行動を促す情報の内容や表現方法についても、検討することとしたい。

参考文献

- 1) 松澤勝ほか：気象条件から視程を推定する手法の研究, 雪氷, 64巻第1号, p77-85, 2002年1月
- 2) 加治屋安彦ほか：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vol. 20, (社) 北海道開発技術センター, p325-331, 2004年10月

北海道における大雪・暴風雪時の気圧配置と地域別発生の特徴

原田裕介* 1 上田真代* 1 松下拓樹* 1 松澤勝* 1

1. はじめに

近年、北海道では、大雪や暴風雪に起因する雪氷災害について発生形態の変化が見られる^{1) - 3)}。筆者らが新潟以北の積雪寒冷地を対象に、過去約30年の気象観測データを分析した結果、冬期累積降雪量は大部分の地域で減少傾向にあるが、降り始めからの24時間降雪量が40cm以上となる事象の出現度数は、2001年度以降、北海道東部で増加する傾向にあった⁴⁾。このため、大雪や暴風雪の発生頻度や発生地域の近年の傾向を把握することは、今後の雪害対策検討の基礎資料として重要と考えられる。

これまで大雪に関しては、北海道を対象とした風向別の地域性降水強度⁵⁾、季節風や低気圧の位置と経路による降雪域の分類⁶⁾、豪雪に関する気象的指標^{7), 8)}、および大雪発生の長期傾向⁹⁾がとりまとめられている。しかし、大雪や暴風雪時における地上低気圧の発達程度や移動経路、ならびに低気圧が北海道を通過した後の西高東低の冬型気圧配置（シベリア大陸方面に高気圧、カムチャツカ方面に低気圧となる配置）に関する近年の発生傾向は明らかにされていない。そこで本論文では、北海道を対象として、地上付近の気象状況の分析結果を表す地上天気図を基に、大雪や暴風雪発生時の低気圧などの移動経路および発生地域の特徴を調べた。

2. 調査方法

2. 1 大雪、暴風雪事例の抽出

(1) 使用データ

調査に用いたデータは、北海道の気象庁アメダスで積雪深を観測している地点のうち、1984～2010年度冬期において移設により標高が大きく変更された地点と、気象官署を除外した図1に示す77地点の1時間ごとの積雪深、気温、風速（毎正時前10分間平均風速）である。ここで、気象官署を除外したのは、1999年以前の積雪の観測手法が異なり、1日あたり通常3回の人の手による測定で、1時間ごとのデータがないためである。また、本論文では、冬期を当年11月1日から翌年4月30日までとした。なお、図1には地域区分（北海道総合振興局または振興局）も併せて示した。この区分は、3章で地域別大雪・暴風雪の発生状況を分析する際に用いる。

(2) 大雪、暴風雪事例の抽出方法

大雪の基準は、北海道内の大雪注意報の発令基準値が12時間で20cm以上の降雪であること¹⁰⁾を考慮し、本論文では降り始めからの24時間降雪量40cm以上、48時間降雪量60cm以上、72時間降雪量80cm以上のいずれかを満たすものとし、なおかつ北海道全体における災害時の社会的影響と広域性を勘案し



図1 調査に用いた気象庁アメダス地点と地域区分

て、アメダス77地点のうち5地点以上で上記の大雪の基準を満たした場合を大雪事例として抽出した。また、24, 48, 72時間降雪量は、1時間ごとの積雪深の増加量をその1時間の降雪量とし、該当時間分を積算している。

暴風雪事例は、上記と同様にアメダス77地点のうち5地点以上で、暴風雪の基準となる24時間吹雪量5.0m³/m以上を満たす場合とした。これは、2008年2月の石狩南部で200台以上の車両が立ち往生した吹きだまり災害時¹¹⁾の24時間吹雪量の最大値が、アメダス5地点で5.0m³/m以上であったことを考慮したものである。吹雪量は、単位時間に風向と直角な単位幅を通過する雪の総量で¹²⁾、ここでは風速と吹雪量の経験式を用いる手法で24時間吹雪量を求めている。24時間吹雪量の推定手法の詳細は、既報¹³⁾を参照されたい。

2. 2 地上天気図の分類

北海道内の大雪や暴風雪は、発達した低気圧の通過や、その後の冬型気圧配置によってもたらされることが多い¹⁴⁾。本論文における地上天気図の分類は、大川¹⁴⁾を参考として、北海道付近を通過する前の低気圧や前線の位置とその移動経路を17通り、低気圧通過後の冬型の気圧配置を3通りに細分した（表1、図2）。

表1において、二つ玉低気圧とは、本州を挟んで日本海と太平洋にそれぞれ中心を持つ二つの温帯低気圧が存在する状態を示す。F2の閉塞点とは、寒冷前線と温暖前線が交わり閉塞前線に移行する点を示す。また、冬型の気圧配置のうち、主風向が北系とは北～北西風、主風向が西系とは西～西北西風を示す。大雪や暴風雪の気圧配置の推移は、これら17通りおよび3通りの地上天気図の細分結果を組み合わせたものとした。

* 1 独立行政法人土木研究所 寒地土木研究所

表1 地上天気図の分類

分類項目	記号	概要
低気圧・前線の位置と移動経路	L1	低気圧が日本海西部から東北東進して、東北地方の中部・北部を通る。
	L2	低気圧が日本海西部から北東進して、津軽海峡を通る。
	L3	低気圧が日本海中部から北東進して、北海道北部または宗谷海峡を通る。
	L4	低気圧が日本海西部から北東または北北東に進んで、宗谷海峡を通る。
	L5	低気圧が日本海西部から北北東進して、北海道の西海上を経て間宮海峡に達する。
	L6	低気圧が日本海中部から東進して、津軽海峡を通る。
	L7	低気圧が日本海中部から東進して、北海道中部を横断する。
	L8	低気圧が沿海州から東進して、宗谷海峡を通る。
	L9	低気圧が三陸沖を北東進する。
	L10	低気圧が沿海州北部から南東進して、北海道中央部を通る。
二つ玉低気圧	L11	低気圧が二つあり、それぞれ北海道を挟むように北東進する。
	L12	本州を挟んで二つの低気圧があり、日本海の低気圧が太平洋の低気圧に吸収される。
前線	F1	南北に伸びる前線が北海道を通る。
	F2	南北に伸びる前線上の閉塞点が北海道中央部付近を通る。
	F3	前線が北から南下する。
	F4	前線が北海道に停滞する。
気圧の谷	TR	南北に伸びる気圧の谷が北海道を通る。
冬型の気圧配置	Wn	低気圧が日本を通過後、主風向が北系の気圧配置となる。
	Ww	低気圧が日本を通過後、主風向が西系の気圧配置となる。
	W0	低気圧の動きが遅く、明瞭な冬型とならない。

凡例

 ●●●●: 低気圧の移動経路
 →: 前線や気圧の谷の進行方向
 ↓: 風向(北系) ←: 風向(西系)
 ---: 気圧の谷

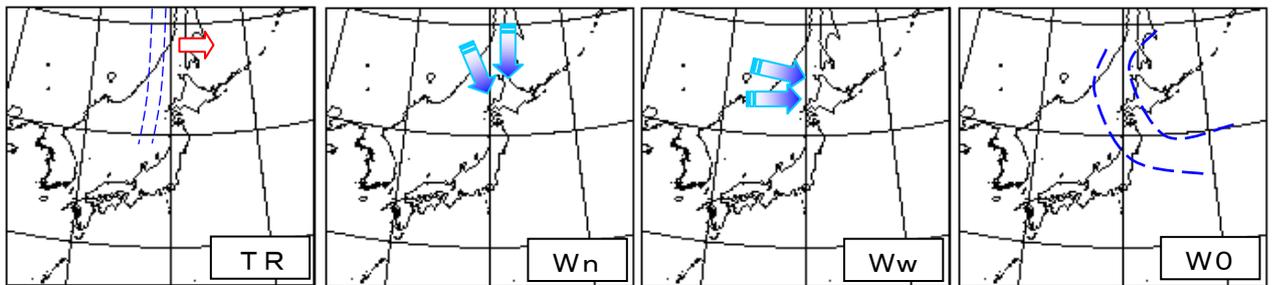


図2 地上天気図の分類 右下の記号は、表1の記号に対応する

3. 調査結果

3. 1 大雪、暴風雪時の気圧配置の特徴

2. 1節の手法にしたがい大雪49事例、暴風雪14事例、大

雪かつ暴風雪10事例(計73事例)を抽出した。抽出結果に対して、表1に基づき低気圧や前線の位置とその移動経路、低気圧通過後の冬型の気圧配置に分類し、発生年度ごとに集計

したものを表2に示した。さらに、表2では気象庁の「急速に発達する低気圧」¹⁵⁾に合致した事例を塗りつぶし、それ以外の事例と分けて示した。「急速に発達する低気圧」とは、中心気圧が24時間で24hPa×sin(φ)/sin(60°)以上低下する温帯低気圧と定義されており、φは緯度を表す¹⁵⁾。ここでは、北海道近辺の平均緯度43°による算定結果(18.9hPa)より、任意の24時間で低気圧の中心気圧が19hPaより低下した事例を対象とした。

表2より、大雪や暴風雪発生時の低気圧の位置と移動経路は、低気圧が日本海中部から東進して津軽海峡を通るL6(9事例)、低気圧が三陸沖から北海道の東海上を北東進するL9(11事例)、二つ玉低気圧が北海道を挟むように北東進するL11(10事例)、二つ玉低気圧で日本海の低気圧が太平洋の低気圧に吸収されるL12(19事例)の出現度数が高かった。急速に発達する低気圧(表2で塗りつぶして示した事例)は全体で36事例あり、中でも二つ玉低気圧のL11(8事例)とL12(13事例)の出現度数が高かった。

表3は、低気圧や前線の位置とその移動経路別の、低気圧通過後の冬型の気圧配置の推移に関するクロス集計結果である。表3より、二つ玉低気圧のL12と冬型で主風向が北系となるWnの組み合わせが15事例で最も多かった。なお、低気圧通過後の冬型気圧配置は、主風向が北系のWnが51事例で最も多く、全体に占める割合は70%であった。

3.2 大雪、暴風雪の地域別発生状況の特徴

今回抽出した大雪、暴風雪73事例について、図1に示した地域区分(北海道総合振興局または振興局)ごとに、低気圧や前線または冬型の気圧配置に着目して、大雪や暴風雪の地域別発生状況の特徴を整理した。表4は、低気圧や前線およ

び冬型の気圧配置による大雪、暴風雪の地域別の発生件数を、地上天気図の分類ごとに示したものである。なお、発生件数5件以上のセルを赤で着色した。

北海道北部の宗谷では、発生件数の合計が低気圧は39件、冬型の気圧配置は19件でともに全ての地域の中で最も多く、L6,L9,L11,L12と冬型のWn,Wwの発生件数が多かった。上川では、発生件数の合計は低気圧が29件、冬型が18件で、低気圧のL9,L12と冬型のWn,Wwの発生件数が多かった。両地域では、低気圧および冬型の気圧配置の両方のケースで大雪や暴風雪が発生しやすいことがわかる。

北海道日本海側の留萌と石狩では、冬型の気圧配置Wn,Wwによる大雪や暴風雪の発生件数が、低気圧に起因するケースよりも多い傾向にある。また、空知と後志では、冬型および低気圧による大雪や暴風雪の発生件数が同程度である。特に空知では、西系の季節風Wwによる大雪や暴風雪の発生件数が多い傾向がある。また、後志では冬型の気圧配置に加え、二つ玉低気圧による大雪や暴風雪も多いことがわかる。

北海道東部のオホーツク、根室、釧路、十勝では、低気圧による大雪や暴風雪の発生件数が多い。オホーツクと釧路ではL6,L9,L12、十勝ではL9,L12、根室ではL12のパターンでの大雪や暴風雪が多かった。また、北海道の太平洋側西部の胆振や日高でも、大雪、暴風雪の発生は、低気圧によるものがほとんどである。すなわち、これらの地域では、主に低気圧により大雪や暴風雪が発生しやすいことがわかる。

北海道南部の渡島と檜山は件数が少なく、大雪や暴風雪時における低気圧および冬型の気圧配置の傾向は明確ではなかった。

表2 大雪、暴風雪時の地上天気図の年度別発生状況

年度	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	合計(事例)	
L1																												3	
L2			●	●	■																							4	
L3	○	□																										3	
L4			◇																									1	
L5														○														1	
L6				○	◆				□			●	■	○						○		●						9	
L7			○									◆									○							2	
L8			●				□		□	○																		4	
L9						○	●		○	◇		●							○	○		○			●		○	11	
L10					■												●									○	2		
L11	●	◆						●	◆		●		●			◇	●						■	■	□			10	
L12				●		○	●		○	○				○	●		●	●	◆	○	○	○	●	■	●	○		19	
F1															●													2	
F2							○																					1	
F3																												0	
F4																												0	
TR							○																					1	
合計(事例)	2	2	5	3	2	2	5	2	2	5	2	4	3	1	3	2	2	3	3	3	1	3	3	3	3	2	2	73	
冬型の気圧配置																													
Wn	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	51
Ww			◇		●	○							■	○	■		◇	●				■	■	■	□	○		18	
W0																												4	
合計(事例)	2	2	5	3	2	2	5	2	2	5	2	4	3	1	3	2	2	3	3	3	1	3	3	3	3	2	2	73	

※●○は大雪、■□は暴風雪、◆◇は大雪と暴風雪を示す。

※急速に発達する低気圧となった事例を塗りつぶし、それ以外を白抜きで示す。

表3 大雪、暴風雪時の低気圧・前線の

移動経路と冬型の気圧配置

低気圧・前線の位置と移動経路	冬型の気圧配置(事例)			合計(事例)	
	Wn	Ww	W0		
低気圧	L1	3		3	
	L2	3		1	4
	L3	3			3
	L4		1		1
	L5		1		1
	L6	8	1		9
	L7	2			2
	L8	2	2		4
	L9	8	2	1	11
	L10	1		1	2
二つ玉低気圧	L11	6	4		10
	L12	15	3	1	19
前線	F1		2		2
	F2		1		1
	F3				
	F4				
気圧の谷	TR		1		1
合計(事例)	51	18	4	73	

表4 大雪, 暴風雪の地域別発生件数 発生件数5件以上はセルを赤で表記

分類項目	記号	宗谷	上川	留萌	石狩	空知	後志	オホーツク	根室	釧路	十勝	胆振	日高	渡島	檜山	合計 (事例)	
低気圧・前線の位置と移動経路	低気圧	L1	2	1	1				3	1	2	1					3
		L2	3	3	1	2	2	3	1	1	1	1					4
		L3	1	1				1	1			1	1				3
		L4															1
		L5	1							1	1	1					1
		L6	7	3	3	3	1	3	6	3	6	3	1	1	1	1	9
		L7										1					2
		L8	1			1											4
		L9	5	6	2	1	4	3	7	3	6	6	1	2			11
		L10	1		1			1						1			2
二つ玉低気圧	L11	6	4	1	2	3	4	4	2	4	4	2	1			10	
	L12	12	11	2	2	3	5	15	6	13	10	2	4		1	19	
前線	F1															2	
	F2															1	
	F3																
	F4																
気圧の谷	TR															1	
合計(発生件数)		39	29	11	11	13	20	37	17	33	28	7	9	1	2	73	
冬型の気圧配置	Wn	10	10	8	8	4	9	3	2			1				51	
	Ww	9	8	7	6	7	10	1	1							18	
	W0															4	
合計(発生件数)		19	18	15	14	11	19	4	3			1				73	

注1) 一つの事例で複数の地域で大雪と暴風雪が発生するため、各行ごとの発生件数の合計は事例数を超える。

注2) F1, F2, TRは全てその後の冬型の気圧配置により大雪や暴風雪が発生したため、地域別発生件数は該当なし。

注3) W0は全てその前の低気圧により大雪や暴風雪が発生したため、地域別発生件数は該当なし。

3. 3 大雪, 暴風雪の地上天気図の分類ごとの特徴

次に、低気圧の移動経路や気圧配置により、どのような地域に大雪や暴風雪をもたらされるか、その特徴を分析した。ここでは、大雪や暴風雪時に出現度数の高い二つ玉低気圧のL12(19事例)とL11(10事例)、低気圧のL9(11事例)とL6(9事例)、冬型の気圧配置で主風向が北系のWn(51事例)と西系のWw(18事例)に着目して、地域的な特徴を解析した。解析では、上記に示した地上天気図の分類ごとに発生件数を大雪のみ、暴風雪のみ、および両方に分類のうえ、地域ごとに発生割合を集計し図3～図8に示した。本論文における発生割合は、表4の各セルに表示した地域ごとの大雪や暴風雪の発生件数を、大雪や暴風雪の事例数(表4の最右列の各値)で除した値とした。なお、地域ごとに解析対象となるアメダスの地点数は異なるが、1箇所でも条件に合致した場合、その地域において大雪、暴風雪が発生したとみなすので、地点数の違いは考慮しないものとする。

二つ玉低気圧のL12による大雪、暴風雪の発生割合は、オホーツク、十勝、釧路の北海道東部や、宗谷および上川の北海道北部で50%以上と他地域に比べて高かった。宗谷では大雪を伴う暴風雪の発生割合が高く、上川および北海道東部では、大雪の発生割合が高い傾向にあった(図3)。

L11による大雪、暴風雪の発生割合は、宗谷が50%以上で、次いで上川、後志、オホーツク、釧路、十勝が40%で並んでいる。同じ二つ玉低気圧でも、L11では後志にも暴風雪をも

たらしやすいことがわかる。宗谷と後志では暴風雪の発生割合が高く、上川および北海道東部では大雪の発生割合が高かった(図4)。

低気圧のL9による大雪や暴風雪は、オホーツク、十勝、釧路、上川、宗谷で発生割合が高い。上川、オホーツク、十勝、釧路では大雪の割合が高いが、十勝、釧路では、大雪と暴風雪が伴って発生する事例も少なくない。一方、宗谷では暴風雪の発生割合が高い(図5)。

L6による大雪や暴風雪は、宗谷、オホーツクと釧路で発生割合が60%以上で他地方に比べて高かった。釧路やオホーツクでは大雪の割合が高いが、宗谷と後志以北の日本海側沿岸の地域では、暴風雪を伴う事例が多いことがわかる(図6)。

冬型の気圧配置では、後志以北の日本海側の地域では、Wnの発生割合が20%以下であるのに対し、Wwは30～60%であった(図7、図8)。北海道日本海側では、冬型の気圧配置となる場合に季節風により大雪や暴風雪になりやすく、特に風向が西系(Ww)の方が北系(Wn)よりも広い範囲で降雪量が多くなる¹⁴⁾。そのため、WwはWnと比較して低気圧通過後の冬型気圧配置の件数は少ないが、後志以北の日本海側においてWnよりも大雪や暴風雪の発生割合が高くなったものと考えられる。また、WnおよびWwとも、日本海沿岸の後志、石狩、留萌、宗谷では暴風雪、内陸部の上川や空知では大雪の発生割合が高かった。

表5 1984-2010年度冬期の地上天気図の出現頻度

出現頻度は左側の数字，そのうち急速に発達した低気圧¹⁵⁾によるものを右側括弧で表記

分類と記号	期間 (年度)	1984- 1992	1993- 2001	2002- 2010
	低気圧の 位置と 移動経路	L6 L9 L11 L12	2(1) 4(1) 3(3) 3(2)	4(2) 3(1) 5(4) 5(2)
冬型の 気圧配置	Wn Ww	17(10) 6(1)	18(9) 6(3)	16(9) 6(3)

5. まとめ

1984～2010年度冬期において，北海道で発生した73事例の大雪と暴風雪時の地上天気図に着目し，気圧配置，低気圧や前線の移動経路を20通りに分類した。そして，大雪や暴風雪の発生地域の特徴を調べ，以下の結果を得た。

- 1) 低気圧の位置と移動経路は，低気圧が日本海中部から東進して津軽海峡を通るL6(9事例)，低気圧が三陸沖から北海道の東海上を北東進するL9(11事例)，二つ玉低気圧が北海道を挟むように北東進するL11(10事例)，二つ玉低気圧で日本海の低気圧が太平洋の低気圧に吸収されるL12(19事例)の出現度数が高かった。
- 2) 低気圧通過後の冬型気圧配置は，主風向が北系のWnが51事例で，全体の70%であった。主風向が西系のWwは18事例で，Wnよりも事例数は少ないが，大雪や暴風雪の発生割合は高かった。また，低気圧の移動経路とその後の冬型による気圧配置の推移は，L12と主風向が北系のWnが15事例で最も多かった。
- 3) L12に伴って大雪や暴風雪となる地域別の発生割合は，オホーツク，十勝，釧路の北海道東部や，宗谷および上川の北部で50%以上と他地方に比べて高い。対して，留萌，石狩，渡島，檜山，胆振の発生割合は15%以下であった。
- 4) L12の2002～2010年度の出現度数は11事例でL12全事例の約60%を占め，近年の北海道における大雪や暴風雪時の気圧配置の特徴の一つである。また，2002年度以降，L12で急速に発達する低気圧の出現度数も多くなっている。近年までの気候の傾向や既往研究成果を考慮すると，低気圧に起因する大雪や暴風雪の頻度は今後増加し，かつ発達した低気圧により強い降雪や風速が発生する可能性が示唆される。

今回の解析では，気象現象に着目しており，雪害や道路通行止めとの対応は調べていない。したがって，今後本論文の結果と災害記録や道路通行止めとの関連性の分析が必要と考えられる。これらを組み合わせることで，大雪や暴風雪を考慮した地域ごとの災害発生条件の解明，雪害対策計画の策定や留意点を検討する際に活用できる資料の策定に取り組みた

いと考えている。

参考文献

- 1) 堤拓哉他，2012：2011～2012年冬期に北海道岩見沢市を中心として発生した大雪について(その2)－大雪災害の被害－，北海道の雪氷，**31**，119-122。
- 2) 滝谷克幸他，2008：2008年冬期北海道を通過した爆弾低気圧と交通障害、及び視程の推定，北海道の雪氷，**27**，95-98。
- 3) 榎本浩之他，2004：2004年1月道東地方の大雪－北見市の積雪－，北海道の雪氷，**23**，75-77。
- 4) Harada, Y., et al., 2012: Trends of Winter Climate Conditions in Cold Snowy Regions of Japan, Proceedings of the 16th SIRWEC Conference, Helsinki, 23-25 May 2012.
- 5) 杉中誠一，1959：北海道の地形性降水強度を計算する図表，札幌管区気象台技術時報付録，予報メモ8号，1-28。
- 6) 加藤美雄，1988：北海道の大雪における降水現象の細域特性－寒候期の降雪の場合－気象庁研究時報，**40**，57-69。
- 7) 山田知充・立花義裕，1988：北海道における豪雪の気候学的研究Ⅱ，寒地技術論文・報告集，**4**，185-189。
- 8) 永田泰浩他，2004：豪雪に関する気象的指標について，寒地技術論文・報告集，**20**，585-588。
- 9) 中村一樹他，2004：北海道における大雪発生の長期傾向について，北海道の雪氷，**23**，78-81。
- 10) 気象庁：警報・注意報発表基準一覧表，2013
www.jma.go.jp/jma/kishou/known/kijun/index.html；2013年10月15日閲覧。
- 11) 武知洋太他，2008：2008年冬期に北海道で発生した吹雪災害の状況と課題について(1)～2008年2月・長沼近郊での事例について～，北海道の雪氷，**27**，99-102。
- 12) 独立行政法人土木研究所寒地土木研究所，2011：道路吹雪対策マニュアル(平成23年改訂版)，1-4-35。
- 13) 原田裕介他，2013：冬期の気圧配置と北海道における大雪・暴風雪の地域別発生状況。寒地土木研究所月報，**719**，33-41。
- 14) 大川隆，1992：北海道の動気候，北海道大学図書刊行会，147-190。
- 15) 気象庁，2011：気象庁が天気予報等で用いる予報用語
www.jma.go.jp/jma/kishou/known/yougo_hp/haichi1.html；2013年10月15日閲覧。
- 16) Nakamura, H., et al., 2002: Interannual and Decadal Modulations Recently Observed in the Pacific Storm Track Activity and East Asian Winter Monsoon, J. Climate, **15**, 1855-1874.
- 17) Inatsu, M., and M. Kimoto, 2005: Two types of interannual variability of the mid-winter storm-tracks and their relationship to global warming. SOLA, **1**, 61-64.
- 18) 気象庁，2013：気候変動監視レポート2012，21-58。

冬期道路管理における気象予測情報の新たな活用について ～吹雪量予測・雪崩危険度予測の取り組み～

川村文芳*1 小松麻美*1 丹治和博*2 西村浩一*3 斯波俊二*4 黄瀬雅巳*4

1. はじめに

留萌開発建設部が管理する国道では、強い冬型の気圧配置等による吹雪・地吹雪や局地的な大雪によって、著しい視程障害や吹きだまりのほか、厳冬期には表層雪崩が発生しており、毎年のように道路交通に支障をきたす災害が発生している。近年に発生した2008年2月の長沼吹雪災害や2010年12月～2011年1月の福島・鳥取大雪災害、2013年3月の道東での吹雪災害などでは、大雪や吹雪の中で車両が立ち往生したため、道路管理者が救出する事態となった。このような教訓を踏まえ、留萌開発建設部管内の国道を対象に、冬期の道路管理に念頭をおいた吹雪および雪崩の予測情報を提供したので報告する。

2. 冬期気象予測情報の新たな活用

これまでの冬期の気象予測は、除雪作業や凍結防止作業など道路維持作業を対象に、降雪量や路面温度・路面状態の予測を提供するものが多かった。この取り組みでは、道路管理者向けに、吹雪や雪崩に対する事前準備、体制検討、通行規制等の判断を支援するものとして、24時間先までの吹雪量予測並びに雪崩危険度予測を提供した。

3. 冬期気象予測情報の概要

予測情報提供地点を図1に示す。吹雪量予測は、管内でも吹雪・地吹雪による視程障害が非常に厳しい国道229号の金浦(KP98)、初山別(KP114)、花岡(KP171)で実施した。雪崩危険度予測は、近年に雪崩災害が発生した箇所、または地形的に雪崩発生が懸念される国道231号別苅(KP106)、国道232号力屋(KP153)、国道239号奥霧立(KP257)で実施した。



図1 予測情報提供地点

予測情報は、携帯端末用のWebに24時間先までの情報を表示して提供したほか、災害発生の恐れのある基準値をあらかじめ設定し、24時間先までに基準値以上となった場合はメール通知を行い、情報提供Webに誘導するようにした。

4. 吹雪量予測

4.1 吹雪量予測の概要

吹雪量予測は、風、気温、降雪量の実況値及び24時間先までの予測値を用い、「雪氷調査法」(1991、日本雪氷学会北海道支部編)並びに「道路吹雪対策マニュアル」(2011、寒地土木研究所)の手法に従って計算した。道路管理者に提供した情報は、主風向に直角な単位幅の垂直面を単位時間に通過する雪粒子の質量(kg/m)に雪密度を考慮し、前2時間を含めた3時間積算吹雪量(m³/m)のほか、降雪量(cm)、風向(16方位)の毎時予測値である(図2)。なお、3時間積算吹雪量としたのは、吹雪による交通障害がある程度吹雪いた状態が継続することで発生すると考えられ、除雪管理体制を考慮して3時間の積算値とした。

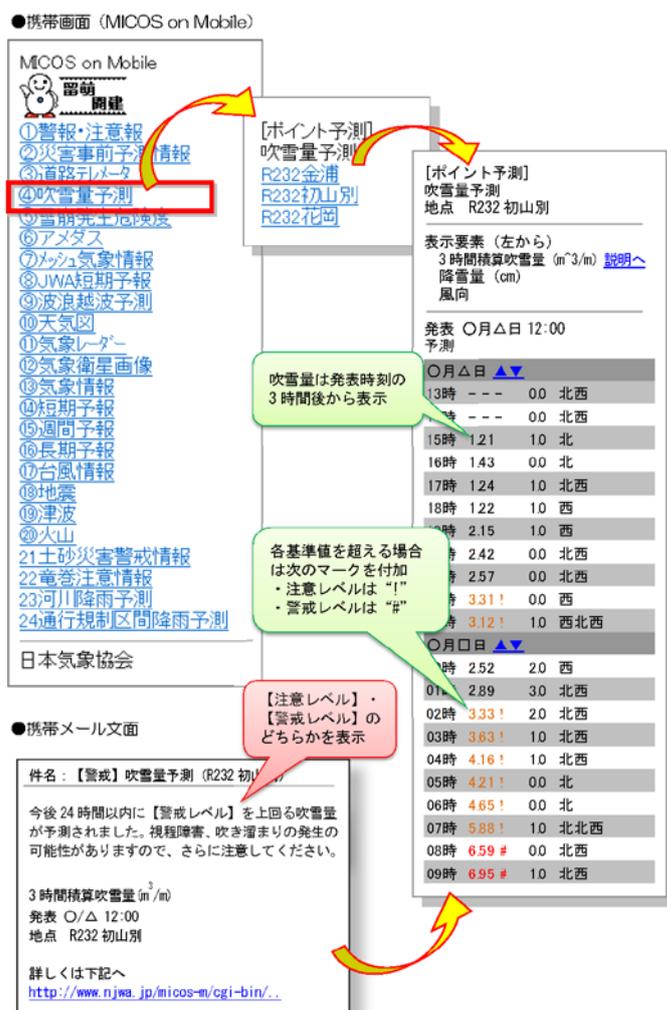


図2 携帯端末への情報提供イメージ

*1 日本気象協会北海道支社 *2 日本気象協会東北支局 *3 名古屋大学大学院環境学研究所 *4 留萌開発建設部道路整備保全課

4. 2 メール通知基準値の検討

吹雪量予測を提供するにあたっては、過年度の吹雪時の通行規制事例の気象分析の結果から、通行規制実施の可能性が高い「警戒レベル」と通行規制実施の可能性のある「注意レベル」の2段階の基準値を設定した。今回の取り組みでは、2011年度冬期の吹雪による通行規制と吹雪量の関係から、「警戒レベル」を $6\text{m}^3/\text{m}$ 、「注意レベル」を $3\text{m}^3/\text{m}$ とした(図3)。この基準値を用いて、24時間先までの予測値が基準値に達した場合にメール通知を行うとともに、Web表示では警戒レベルを「赤色+#マーク」、注意レベルを「黄色+!マーク」を付け加えることで、吹雪の厳しい時間帯をわかりやすく伝えることに配慮した。

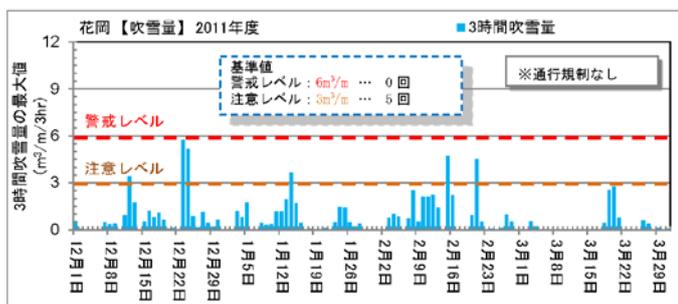
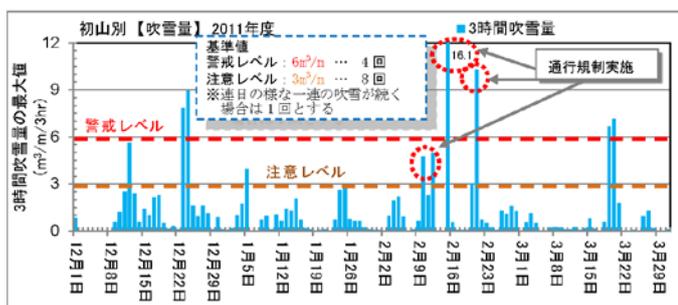
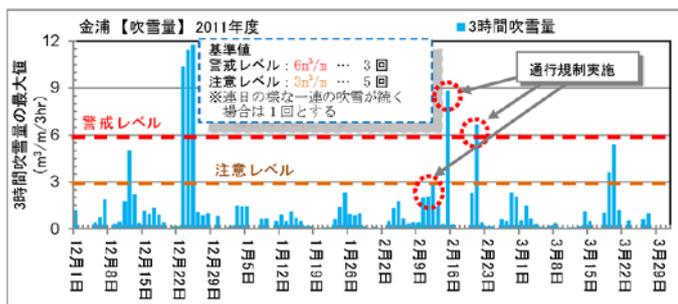


図3 3時間吹雪量と通行止めとの関係(2011年度)
(金浦(上図)、初山別(中央図)、花岡(下図))

4. 3 吹雪量予測情報の提供結果

検討した基準値を用いてメール通知を行った結果を表1に示す。警戒メールは金浦で3回、初山別で5回、花岡で5回、注意メールは金浦で9回、初山別で10回、花岡で6回となり、メール通知があった日数は冬期間で14日となった。この中で、1月25日と3月1日の2事例は翌日に通行規制を実施した。なお、表2に示す留萌開発建設部管内の2012年度冬期通行規制実施状況と照らし合わせた結果、メール通知がなく通行規制を实

施した事例(見逃し)はなかった。

表1 吹雪量予測メール通知実績と通行規制実施状況

No.	メール通知日時	金浦 KP98	初山別 KP114	花岡 KP171	232号通行規制状況
1	2012年11月29日 01時			注意	
2	2012年12月6日	07時		警戒	
		13時	注意	注意	
		15時	警戒	警戒	
3	2012年12月31日	01時	注意		
		03時	注意		
4	2013年1月25日	10時	注意	注意	1/26 10h 天塩町~遠別町
		10時	注意	注意	
5	2013年2月2日	10時	注意		
		12時	注意		
		21時	警戒	警戒	
6	2013年2月7日	13時	注意	注意	
		17時		警戒	注意
		20時			警戒
7	2013年2月19日	07時		注意	
		09時	注意		
		21時			注意
8	2013年2月20日	01時		警戒	
		05時		注意	
9	2013年2月28日	15時	注意		
		14時		注意	3/2 12h 天塩町
		15時	警戒	警戒	3/2 16h 遠別町~初山別村
10	2013年3月1日	17時		警戒	3/2 16h 初山別村~羽幌町
		17時		警戒	
		17時		警戒	
11	2013年3月9日	20時	注意	注意	
		16時			警戒
12	2013年3月10日	16時			
		03時		注意	
		18時		警戒	
13	2013年3月19日	03時		注意	
		20時	注意		
14	2013年3月21日	13時		注意	
メール通知回数【警戒】		3回	5回	5回	
メール通知回数【注意】		9回	10回	6回	

表2 通行規制実施状況(2012年度冬期)

No.	国道	始点	終点	規制区間	規制開始	規制解除	原因
1	233号	留萌市幌糠町(KP=36.50)	留萌市潮静(KP=48.30)	11.80 km	01月03日 07:00	01月03日 11:30	吹雪のため
2	40号	天塩町宇雄信内(KP=171.80)	豊富町宇雄信内(KP=208.90)	37.10 km	01月26日 10:30	01月27日 01:00	吹雪のため
3	232号	天塩町下サロベツ(KP=0.10)	天塩町川口(KP=13.30)	13.20 km	01月26日 10:30	01月27日 01:00	吹雪のため
4	232号	天塩町東岸(KP=17.10)	遠別町北浜(KP=34.20)	17.10 km	01月26日 10:30	01月26日 22:00	吹雪のため
5	232号	天塩町下サロベツ(KP=0.10)	天塩町川口(KP=14.80)	14.70 km	03月02日 12:30	03月03日 01:30	吹雪のため
6	40号	天塩町宇雄信内(KP=178.90)	天塩町ウブン(KP=194.20)	15.30 km	03月02日 12:30	03月03日 01:30	吹雪のため
7	232号	遠別町富士見(KP=36.20)	初山別村初山別(KP=57.00)	20.80 km	03月02日 16:30	03月03日 02:00	吹雪のため
8	232号	初山別村初山別(KP=57.80)	羽幌町羽幌大橋(KP=76.00)	18.20 km	03月02日 16:30	03月03日 02:00	吹雪のため

※黄色のハッチが予測対象の国道232号

2012年度冬期で最も大きな吹雪災害となった3月2日の事例における初山別地点の吹雪量予測状況を図4に示す。初山別テレメータの実測データから算定された3時間積算吹雪量は(図中の棒グラフ)、2日9時から増加した後、18時には警戒レベルを超えて最大 $9.6\text{m}^3/\text{m}$ (19時)に達した。通行規制は吹雪量が急激に増加している時間帯の2日16時30分から開始され、急激に減少している時間帯の3日2時に解除された。写真1には通行止め直前の2日16時15分の道路状況を示したが、吹雪による非常に厳しい視程障害になっている様子がわかる。24時間先までの吹雪量予測は(図中の折れ線グラフ)、1日14時時点で注意レベル、同15時時点で警戒レベルに達し、実際に吹雪の厳しい状況となる1日前にメール通知された。2日の吹雪量予測状況は、急激に増加するタイミングがやや早いものの、吹雪量の急激な増加・減少の傾向、量的にもほぼ適確であったと判断できる。

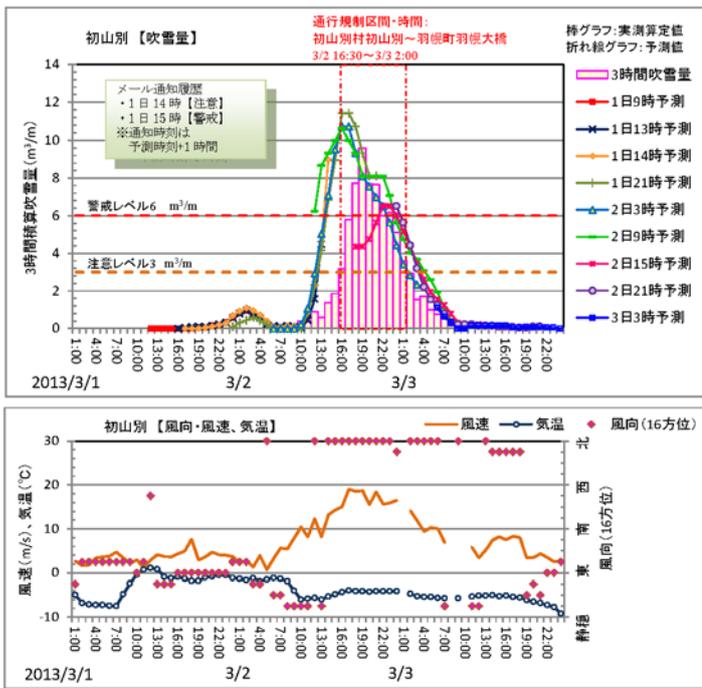


図4 吹雪量予測状況（上）と気象状況（下）
（初山別：2013年3月1日～3日）



写真1 国道232号初山別村有明の道路画像
（2013年3月2日 16時15分）

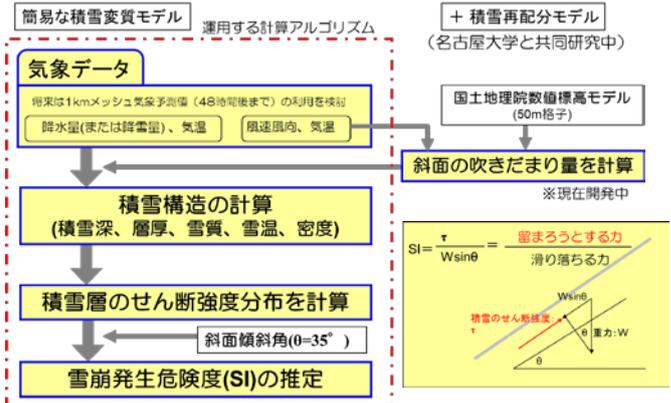


図5 雪崩発生危険度予測の計算フロー

●携帯画面（MICOS on Mobile）

MICOS on Mobile
 ①警報・注意報
 ②災害事前予測情報
 ③道路テレメータ
 ④吹雪量予測
 ⑤雪崩発生危険度
 ⑥アスファルト
 ⑦メッシュ気象情報
 ⑧JWA短期予報
 ⑨波浪越波予測
 ⑩天気図
 ⑪気象レーダー
 ⑫気象衛星画像
 ⑬気象情報
 ⑭短期予報
 ⑮週間予報
 ⑯長期予報
 ⑰台風情報
 ⑱地震
 ⑲津波
 ⑳火山
 21土砂災害警戒情報
 22巻戻注意情報
 23河川降雨予測
 24通行規制区間降雨予測

日本気象協会

●携帯メール文面

件名：雪崩発生危険度（R239 霧立）

今後 24 時間以内に雪崩発生危険度が閾値を下回り、斜面の積雪が不安定な状態となる恐れがあります。対象地点周辺での表層雪崩の発生にご注意下さい。

雪崩発生危険度
 発表 ○/△ 12:00
 地点 R239 霧立

詳しくは下記へ
[http://www.njwa.jp/micos-m/cgi-bin/...](http://www.njwa.jp/micos-m/cgi-bin/)

[ポイント予測]
 雪崩発生危険度
 地点 R239 霧立

[ポイント予測]
 雪崩発生危険度
 地点 R231 別河
 R232 力量
 R239 霧立

表示要素（左から）
 雪崩発生危険度 説明へ
 降雪量 (cm)

発表	○月△日	12:00	予測
○月△日	▲▼		
13時	999.0	0.0	
14時	999.0	0.0	
15時	18.9	1.0	
16時	6.7	0.0	
17時	7.3	1.0	
18時	7.9	1.0	
19時	8.5	1.0	
20時	4.6	0.0	
21時	4.3	0.0	
22時	4.7	0.0	
23時	3.9	1.0	
○月△日	▲▼		
00時	3.8	2.0	
01時	3.5	3.0	基準値を下回る場合は“!”マークを付加
02時	3.1	2.0	
03時	2.7	1.0	
04時	2.3!	1.0	
05時	2.3!	0.0	
06時	2.4!	0.0	
07時	2.4!	1.0	
08時	2.4!	0.0	
09時	2.3!	1.0	

図6 携帯端末への情報提供イメージ

5. 雪崩発生危険度予測

5.1 雪崩発生危険度予測の概要

雪崩発生危険度は積雪層のせん断強度とそこに作用するせん断応力の比である積雪安定度（SI：Stability Index）で評価し、SIの値が小さくなるほど「表層雪崩発生の危険性が高い」ことを示している。

SIを算出するにあたっては簡易な「積雪変質モデル」を用いて、降水量と気温から積雪の層構造を推定している。（図5）このモデルの詳細は小松ら（2010）に記載している。道路管理者に提供した情報は、このモデルに予測値を適用して算出したSIの24時間の毎時予測値であった（図6）。

5.2 メール通知基準値の検討

雪崩危険度予測情報の提供地点および警戒を示す閾値は、管内の国道における過去の雪崩による通行止め事例を参考に検討した。その一例を示す。2011年1月24日午前3時頃、増毛町別河付近にて表層雪崩が発生したため、24日午前4時35分～25日午前7時まで対象地点を含む区間約16kmが通行止めとなった。この事例に関して、別河テレメータの観測値を用いてSIを計算した（図7）。表層雪崩発生の危険性を示すSIの目安は文献により1.5～4と様々であるが、過去の道内の国道における表層雪崩事例で雪崩発生の危険性の閾値として用いていた2.5を用いると、本事例では雪崩発生の約1日前に閾値を下回り、危険性を示すこ

とが分かった。本運用にあたり、雪崩発生の危険性が考えられる国道 231 号別苧、国道 232 号力昼、国道 239 号奥霧立を予測提供地点に定め、各地点で SI が 2.5 を下回ったときに表層雪崩発生の危険性が増しているとしてメール配信設定を行った。

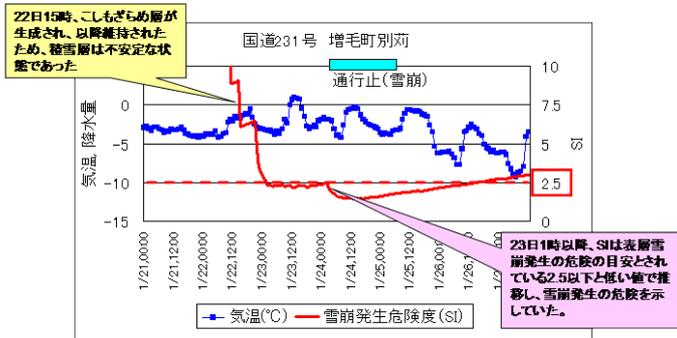


図7 2011年1月24～25日の通行止め事例におけるSI計算結果

5. 3 雪崩危険度予測の情報提供結果

検討した基準値を用いてメール通知を行った結果を表3に示す。メール通知回数は、別苧で15回、力昼7回、霧立10回であり、メール通知があった日数は、冬期間で19日となった。なお、運用期間中は幸い管内で通行止めとなるような雪崩の発生は報告されていなかった。

表3 雪崩発生危険度メール通知実績

No.	メール通知日時	別苧 R231	力昼 R232	霧立 R239	No.	メール通知日時	別苧 R231	力昼 R232	霧立 R239
1	2012年12月8日 15時			■	11	2013年2月4日 22時			■
2	2012年12月19日 05時			■	12	2013年2月10日 13時	■	■	
3	2012年12月25日 03時	■				18時			
	11時		■			19時		■	
4	2013年1月2日 22時	■			13	2013年2月15日 23時	■		
	2013年1月3日 13時		■		14	2013年2月16日 21時	■		
5	2013年1月5日 06時			■	15	2013年2月17日 01時	■		
	09時			■		04時	■		
6	2013年1月10日 00時	■			16	2013年2月20日 03時	■		
	06時		■			09時			■
	16時	■				22時			■
	23時	■				2013年3月9日 01時		■	
7	2013年1月11日 12時	■			17	17時			■
	2013年1月18日 08時	■				2013年3月10日 09時		■	
8	2013年1月18日 10時	■			18	2013年3月21日 22時			■
	2013年2月4日 22時			■		19			
9	2013年2月4日 22時			■		メール通知回数	15回	7回	10回

ここで、まとまった降雪が観測され、積雪断面観測も行った2013年2月14日～17日の別苧地点のデータで検証を行う。別苧テレメータの気温と降雪量から算出したSIの変化を見ると、まとまった降雪量が観測された後にSIが低下する傾向にあることがわかる(図8)。同日の別苧地点の観測値から推定したモデルの出力結果は、積雪断面観測と雪質もせん断強度も概ね一致していた。一方、予測においては閾値2.5付近で予測値の変動が発生し、メール通知が頻繁に発信されたという課題はあるものの、積雪層が不安定になっている状況をメール通知によって情報提供できたと考える。

6. 今後の課題

6. 1 吹雪量予測

吹雪量予測では、警戒レベル及び注意レベルのメールが14日通知されたのに対して、通行規制実施は2回と少なかった。今後もさらに蓄積した事例から通行規制と吹雪量の分析を積

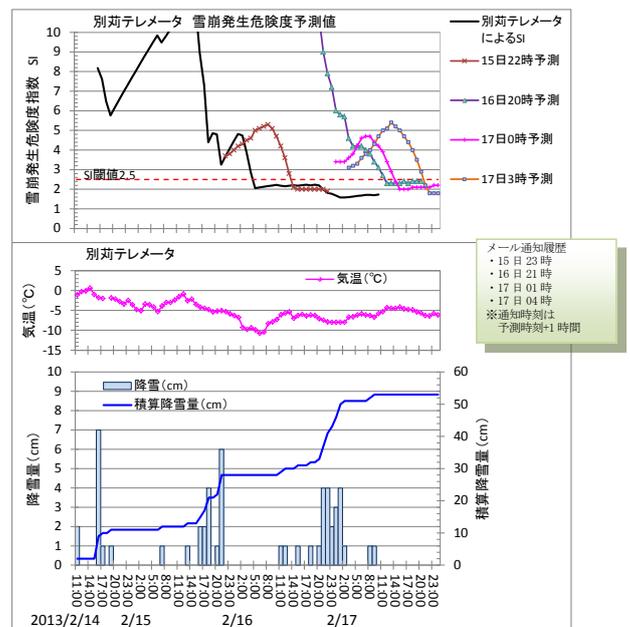


図8 別苧における気温、降雪量及びSIの予測値の変化み重ね、道路管理に資する基準を検討していくとともに、予測情報の内容については数値での表現に代わるわかりやすい表現を検討していく予定である。

6. 2 雪崩危険度予測

雪崩危険度予測は、雪崩という災害の発生頻度が大雨や吹雪に比べると少ないことから、提供した情報から行動が導けるよう、SIを用いた情報発表のタイミングは重要であると考えられる。さらに、SIなど雪氷の専門的な用語は道路管理者になじみが薄いため、雪質などのSI計算過程で算出される情報も併用して積雪の状況を分かりやすく表現して提供することが必要であると考えられる。その他、地点によって吹きだまりが表層雪崩の発生に影響している事例もあることから、今後は吹きだまりによる積雪も考慮した予測の研究を進めていく予定である。

7. おわりに

本取り組みでは、吹雪や雪崩による災害の可能性が高くなる前日にメール通知を行えたことで、事前準備や体制検討等の参考になったと考えられる。今後においては、気象予測値を活用した吹雪や雪崩の指標が、冬期道路管理に有効な指標となるよう、事例解析と改良を続けていく予定である。

参考文献

- 1) 松澤勝：降雪を考慮した全層吹雪量の推定手法に関する研究, 北海道の雪氷 No. 30, p. 96-98, 2011
- 2) 小松麻美, 西村浩一, 丹治和博, 松岡直基：吹きだまりの影響を考慮した雪崩危険度予測システムの適用性について, 第26回寒地技術シンポジウム論文集, p. 84-87, 2010

山形道鶴岡管内における積雪対応型橋梁検査路の開発と運用について

平野章仁*1 伊藤満*1

1. はじめに

株式会社ネクスコ・メンテナンス東北 鶴岡事業所は、東日本高速道路株式会社鶴岡管理事務所が所掌する、山形県内の日本海東北自動車道 28.2 km及び、山形自動車道 26.4 kmの合計 54.6 km（以下、「鶴岡管内」という）の、維持修繕を行っている（図-1）。沿岸平野部の降雪量はさほど多くないが、出羽三山の麓に位置する湯殿山 I C 周辺の内陸部では、冬期累計降雪量が 15m に及ぶ豪雪地帯となっている（図-2）。この豪雪地帯の一部橋梁において、高欄に設置されている検査路が、積雪の重み、除雪車等の投雪・落雪といった衝撃荷重等により、大きな損傷が生じている。橋梁の維持管理において、検査路は重要な設備であり、厳しい気象条件下においても長期的に機能を維持させる必要がある。本稿は、積雪に対応できる検査路の改良から、運用までの報告である。

2. 検査路の破損状況

湯殿山 I C ～ 庄内あさひ I C 間（9.9km）のほぼ中間に位置する名平橋において、高欄に設置されている検査路の破損が発生した。この区間はトンネルが連続して存在し、名平橋は前後のトンネルにシェルターで連結されている。検査路の破損状況は、アンカーが破断し、検査路の手摺と延長 5.5 m × 幅 0.8 m の足場ごと下方へ湾曲している状態であった（写真-1）。破損の原因は、堆積する雪そのものの重みや、シェルターから滑落する雪の衝撃荷重によって、アンカーが検査路を支え切れなくなったものであった（図-3）。



図-1 株式会社ネクスコ・メンテナンス東北 鶴岡事業所 維持修繕範囲

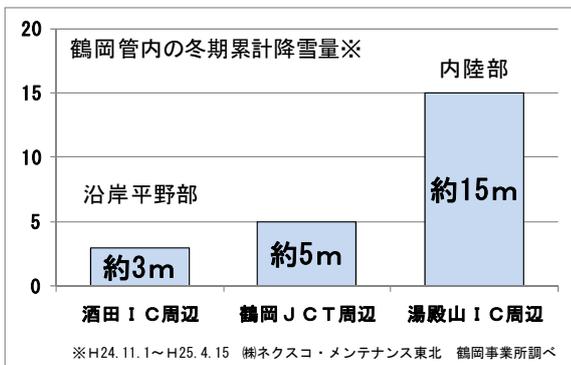


図-2 鶴岡管内の冬期累計降雪量



写真-1 名平橋 検査路の破損状況

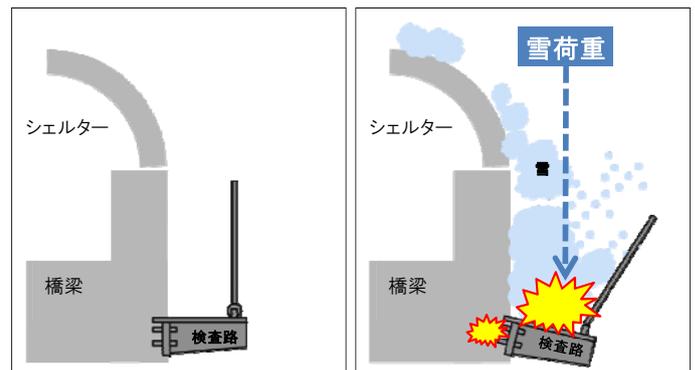


図-3 名平橋 検査路の破損概要図

3. 積雪に対応する検査路の構造検討

名平橋における検査路の破損は、アンカーに作用する雪荷重が原因であったため、当初の補修計画は、アンカー本数の増加・手摺等の部材の強化、といった、剛性をより高める方法にて計画を進めていた。しかし、検査路に対するコストが大幅に増え、その費用に対しても今後の積雪次第では

*1 ネクスコ・メンテナンス東北(株)鶴岡事業所

再び雪による破損が起こり得るとも考えられた。そのため、より長期的に積雪に対応出来る検査路の改良を考える事とした。具体的には、雪を堆積させない様な構造を目的として、以下2つの改良案が考えられた。

- ①足場を金網構造とし、雪を透過
- ②手摺部に鋼板を設置し、折りたたみ構造により雪を滑落

①の金網構造については、初冬期の降雪には効果があると思われるが、降雪量が多くなるにつれて目詰まりが発生し、結果的に雪が堆積してしまう恐れがあった。また、比較的密度の高い雪がシェルターから滑落するため、足場そのものの強度も懸念された。②の折りたたみ構造については、手摺部に雪を滑落させるための鋼板を設置し、折りたたみ可動が出来た状態にした上で、十分な傾斜角度を維持する事が出来れば、降雪は堆積せず、さらにシェルターから滑落する雪の衝撃荷重も分散出来ると想定できる。そのため今回は、折りたたみ構造での改良を進めることとした(図-4)。

4. 折りたたみ構造による検査路の改良

4-1. 設計の概要

折りたたみ構造による検査路改良の設計概要を図-5に示す。足場部材に損傷が発生していない事から、既存の材料を使用した。折りたたみ構造において重要となる手摺部分は、足場との接続箇所に新たに金具を取り付け、ボルトを支点とする可動式とした。また、手摺部の鋼板はU字金具によって、全面に取り付けを行った(写真-2)。検査路自体の固定荷重は、鋼板等の追加によって重量の増加となったため、検査路を支えるアンカーも従来より強化している。また、この折りたたみ構造は、鋼板の取り付けられた比較的重量のある手摺を可動させるため、安全対策として、橋梁点検時には検査員方向へ倒れる事のないよう、支点のボルトとは別に、手摺を固定するためのボルト穴とボルトを設置した。さらに、必要以上の可動を防ぐストッパーも設けている(写真-3)。また、同じく必要以上の可動によって、手摺を起こしすぎて橋梁下部へ落下させる事のない様、シェルターと手摺を繋ぐ命綱の役割として金属製のワイヤーを設置している(写真-4)。

4-2. 施工の概要

名平橋は山間に位置し、施工ヤードが極小であったため、他の舗装補修等を計画していた夜間通行止めの際に併せて、補修を行った。検査路補修のための仮設足場を作成し、高速道路本線上から、クレーン及び人力で部材を搬入し、検査路の補修に当たった(写真-5,6)。

4-3. 改良後の折りたたみ構造の検査路

折りたたみ構造による改良が完了した名平橋の検査路を、

写真-7に示す。点検を行わない際、特に冬期においては、写真-8の様に折りたたむことにより、雪の滑落面を生み出す。

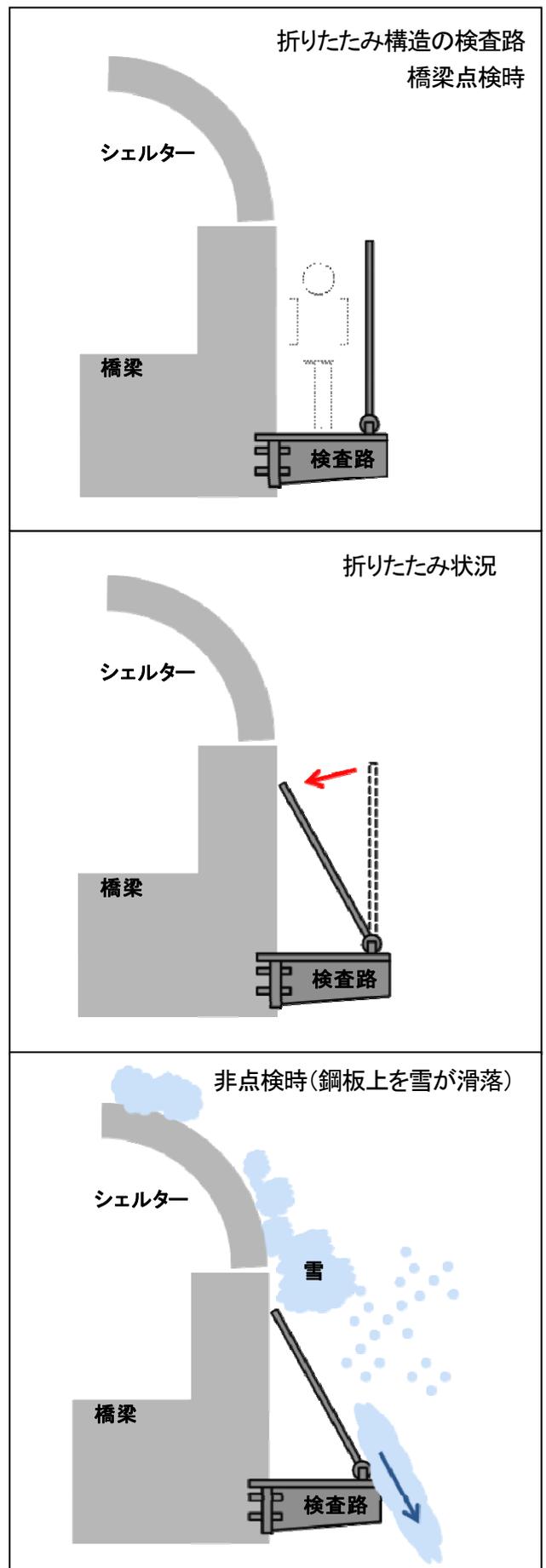


図-4 名平橋 検査路改良の概要(折りたたみ構造)

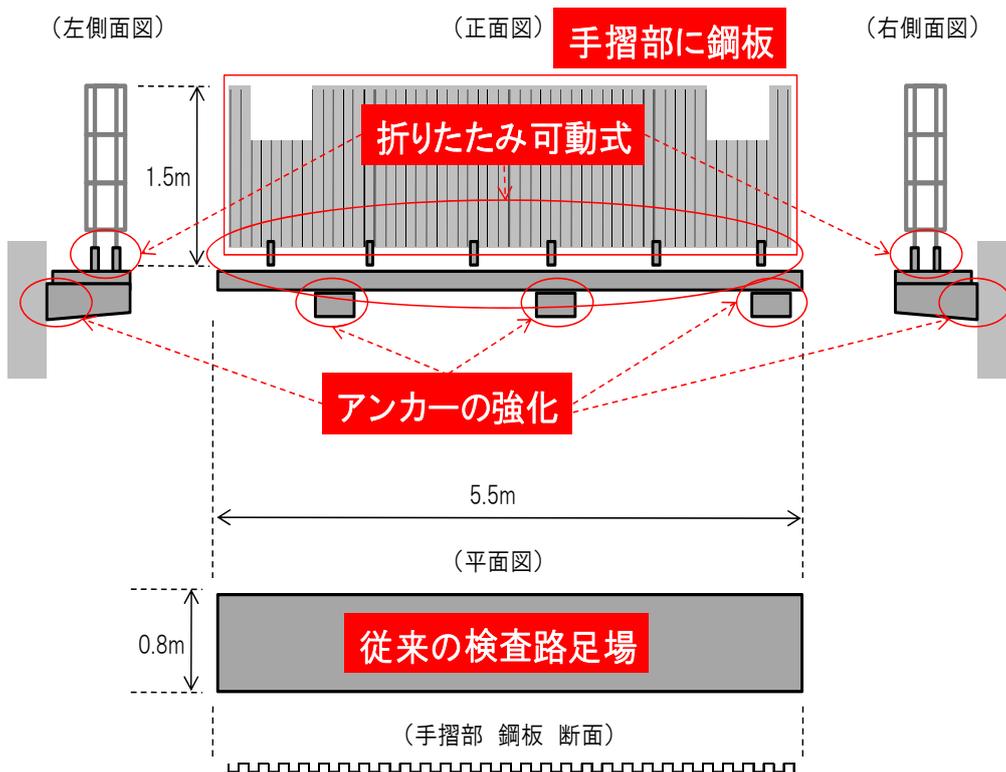


図-5 名平橋 折りたたみ構造の検査路 設計の概要

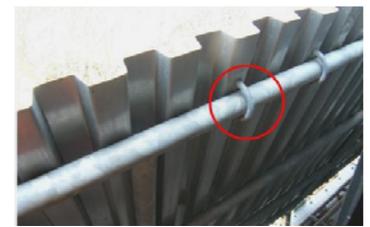


写真-2 折りたたみ構造 手摺と鋼板の取付



写真-3 折りたたみ構造 手摺の可動部



写真-4 折りたたみ構造 ワイヤ設置部

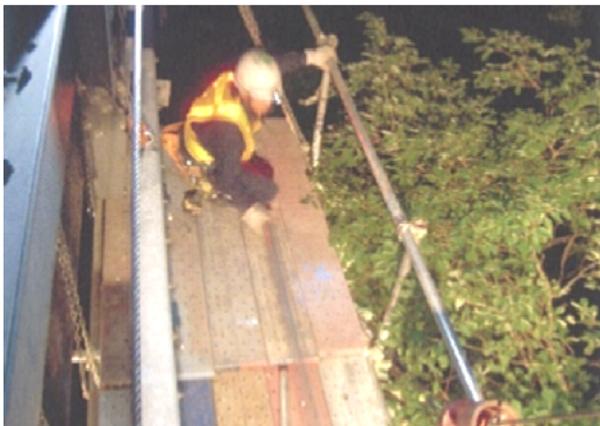


写真-5 名平橋 折りたたみ構造の検査路 施工時 仮設足場



写真-6 名平橋 折りたたみ構造の検査路 施工時 材料搬入

5. 改良後の運用状況

5-1. 積雪に対する状況

名平橋の検査路は、折りたたみ構造による改良後、当初の破損時に匹敵する降雪が3シーズン続いた。折りたたみ構造の検査路が積雪に対してどのような状況であるかを調査するため、各終冬期に現地に向かい、検査路としての機能の確認を行った（写真-9）。折りたたみ構造によって足場は保護されているが、横風に運ばれたであろう微量の積雪は検査路上に見られた。しかし荷重としては微々たるもので、現在も破損なく機能を維持しており、この構造が積雪に対して有効だったと言える。

5-2. 他橋への展開

名平橋の検査路を折りたたみ構造にて改良した結果、積雪に対して有効に運用出来た事を踏まえ、鶴岡管内における他の橋梁検査路破損箇所にも、折りたたみ構造を採用し、改良を進める事とした。他の橋梁検査路は名平橋の様に山間の橋梁ではなく、シェルターも設置されている訳ではないが、積雪や、除雪作業時に発生する投雪に起因する破損が見られる箇所も存在した。そのため、名平橋とほぼ同様の環境と整理し、折りたたみ構造が有効と判断した。各橋梁の検査路破損状況を、写真-10, 11, 12に、折りたたみ構造による改良後の状況を写真-13, 14, 15に示す。名平橋同様に現在も破損なく、検査路としての機能を維持している。



点検時
(鋼板は自立)

写真-7 名平橋 折りたたみ構造の検査路



非点検時
(折りたたみにより雪が滑落)

写真-8 名平橋 折りたたみ構造の検査路(折りたたみ状態)

6. まとめと今後の展望

名平橋及び他橋の検査路を折りたたみ構造とした結果、過去と比べて比較的降雪量の多い冬期においても、検査路は壊れることなく機能を維持している事から、折りたたみ構造による検査路の改良は一定の効果を発揮したと考えている。ただし、折りたたみ構造の採用によって、点検時に検査路を使用する際には、重い鋼板を起す労力が必要になる。特に、鋼板の面積が大きいほど負担は顕著である事から、鋼板を複数スパンの分割によって折りたたみを容易にする等の方法を検討し、改善していきたいと考えている。また、鶴岡管内に限らず積雪地域の橋梁は、総数は少なくとも、高欄に設置された検査路が、雪に起因して破損する事も想定される。補修の際には、この折りたたみ構造による検査路の改良が参考となれば幸いである。



写真-9 名平橋 折りたたみ構造の検査路 終冬期の機能確認状況



写真-10 角田川橋 検査路の破損状況



写真-11 小網川橋 検査路の破損状況



写真-12 熊出赤川橋 検査路の破損状況



写真-13 角田川橋 折りたたみ構造の検査路



写真-14 小網川橋 折りたたみ構造の検査路



写真-15 熊出赤川橋 折りたたみ構造の検査路

带状ガイドライト装置の開発 ～地吹雪地帯で交通安全を守る～

佐々木伸*1 片岡充英*2 渋谷優*3 高木一誠*4

1. はじめに

東北地区の高速道路では視界不良による交通障害が発生する区間については、防風柵や視線誘導機器（自発光デリニエーター及びびスノーポール）等を設置しているが、地吹雪など気象条件・地形条件の厳しい区間については、より視線誘導効果を高め安全走行を支援するものが必要である。現在、視線誘導機器は、4車線区間では中央分離帯に設置されているため、運転者は路肩側の位置が認識できず中央側へ寄る傾向があり、他の走行車と走行軌跡が交差して危険な状態となることがある。また、既設の視線誘導灯では、点状の光源のため道路線形が分かりにくいという課題がある。そこで、外側線の位置を連続的な線状の光で明示する「带状ガイドライト」を開発し路肩側の側線位置や線状で連続的に認識できるようにすることにより、視線誘導の効果を高め明快に道路線形示すことにより、視程障害時の走行支援を補助するために、平成23年より高速道路本線での評価試験を開始した。今回は基本性能と評価試験について報告を行う。

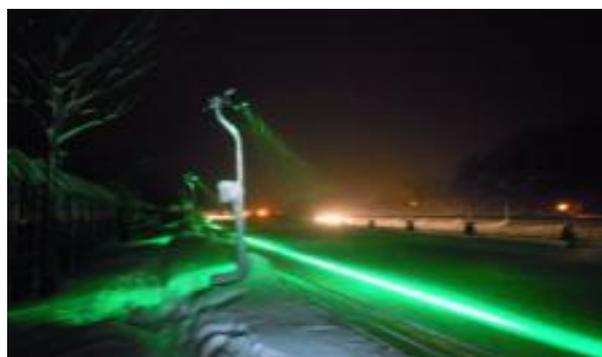


図. 1 带状ガイドライト設置状況

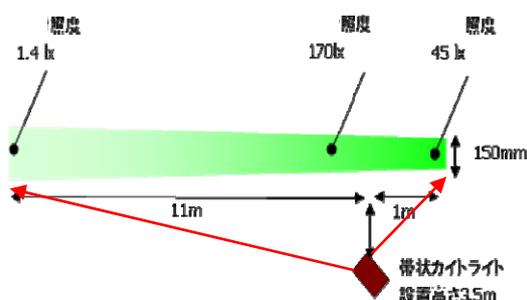


図. 2 带状ガイドライト照射形状と照度

2. 带状ガイドライトの目的

これまでの視線誘導灯は、路肩あるいは中央分離帯部に一定間隔に設置して道路線形を表示しているが、地吹雪時においては、点状の光源のため道路の線形がわかりにくかった。また、視程が悪化している時には設置位置から路側を確認することが困難となり危険な状態となる場合があった。

線状で連続的にこれから走行する位置（道路線形）を運転者に示すことが出来れば、有効な視線誘導効果が得られ、視程障害時の走行支援につながる。そこで、プロジェクションマッピングや舞台照明など、最近発展の著しい演出照明の技術を道路に適用することとし、LEDと特殊レンズを組み合わせることで路側を線状に光のラインで示す発光体装置を試作し高速道路の本線上で評価試験を行い性能の確認を行った。

带状ガイドライト設置状況を図. 1で、带状ガイドライト照射形状と照度を図. 2に示す。

3. 評価試験

評価試験箇所は地吹雪など気象条件、地形条件が厳しく事故率が高い区間を選定し東北道筋の盛岡ICから約50km、北側の東北道で最高海拔475m地点の竜ヶ森トンネル先で平面線形右カーブR1000m下り勾配2.7155%の区間で行った。

評価試験箇所は図. 3に示す。



図. 3 評価試験箇所

*1 (株)ネクスコ・エンジニアリング東北 交通環境部施設設計課 課長

*2 (株)ネクスコ・エンジニアリング東北 盛岡事業所 副所長

*3 東日本高速道路(株)東北支社 盛岡管理事務所 所長 *4 積水樹脂(株) 都市環境事業本部開発室 主任

(1) 機器設置状況

設置基数18基、設置間隔1.4m、延長約250mで設置状況を図. 4、5、6に示す。



図. 4 带状ガイドライト設置(昼間)状況



図. 5 点灯間隔(連続)状況



図. 6 点灯間隔(間欠)状況

(2) 評価方法と結果

带状ガイドライトの現地フィールド評価では、厳しい気象条件での視認性と実際の交通流への効果の検証を行うため、平成24年12月～平成25年3月全てのデータについてWEBカメラ、トラフィックカウンタ、気象センサを設置、データの記録を行い、効果の検証を行った。あわせて、高速道路利用者を対象としたアンケート調査により带状ガイドライトの有効性を検証した。

・WEBカメラ画像記録

特に、降雪が厳しいときにガイドライトにより降雪が照らされ光の壁ができ道路線形が明示され誘導効果が高いことがわかる。図. 7に例を示す。



図. 7 地吹雪時の状況

・視程と走行速度との関係

走行速度は、視程平均が100m前後で低下時は、ほぼ一定の範囲内で安定して走行しているが、視程が250m以上で、速度はやや上昇傾向となる。視程状況が低下時には、ガイドライトの点灯で、ほぼ安定した速度を保持して走行されている。後述のアンケート調査結果同様に、走行速度からも带状ガイドライトの視線誘導効果が高いことが明らかとなった。

視程と走行状況の関係を図. 8に示す。

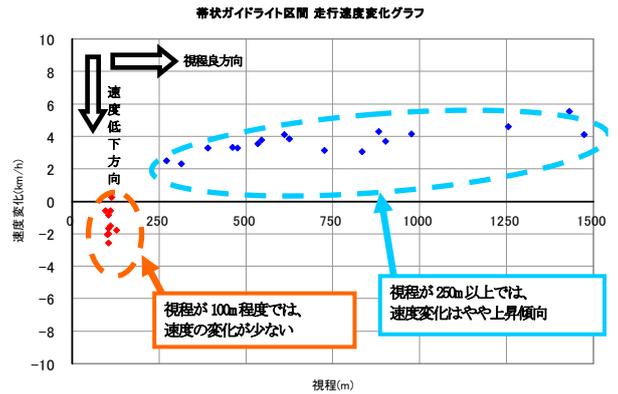


図. 8 視程と走行速度

・アンケート調査

高速道路を走行する高速道路利用者によるアンケートを実施し、調査回答が61件を得た。評価として路面状況に関係なく、「視認性がよい」という評価が多かった。特に、圧雪(白)および積雪路面時の外側線が全く見えない状況下では、「よく見える」という高評価が9割以上を占めたことは、带状ガイドライトが非常に高い視認性があることが確認された。結果を図. 9に示す。

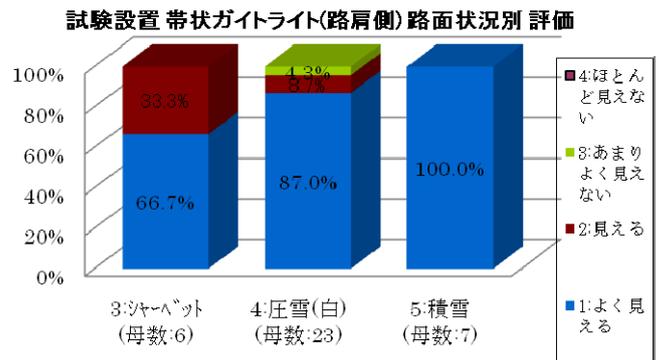


図. 9 ガイドライトに関する運転者アンケート

4. まとめと今後の進め方

今回の検証により線状の照射ラインで視線誘導を行う基本機能の有効性の確認ができた。踏まえて今年の冬に設置箇所を増加実運用に向けて評価行う予定である。導入に向けた今後の課題は、設置方法(位置調整の容易さ、橋梁や切土等への設置)の検討、機器コスト削減さらに昼間など空間照度が高い吹雪(ホワイトアウト)のような視程障害への適用可能な機器開発等を解決していく。今後、更に冬季の安全で信頼される高速道路への実現するため、開発検証を継続して進めていく。

福井豪雪を教訓とした北陸自動車道の雪氷対策 ～道路管理者間の連携強化による豪雪時の交通確保～

板垣 克利 *1

1. はじめに

北陸自動車道は、滋賀県米原市を起点に日本海沿いを北進し新潟県新潟市まで至る延長476.5kmの高速自動車国道である。

北陸自動車道は、中日本高速道路株式会社と東日本高速道路株式会社で管理しており、その内、滋賀県の本木ICから富山県の朝日ICまでの延長258.7km区間を金沢支社が担当している。

この路線は、日本海側の海沿いを通過しており、冬季においては厳しい気象条件下にあるため、冬期の道路交通確保が第一命題となっている。

なかでも、山間部を通過する滋賀・福井県境から福井県南越前町今庄までの区間（木之本ICから今庄IC間）は降雪量が多く、過去20年間の平均年間降雪量は、471cm（南越前町今庄：気象庁HPデータより）である。

今報告では、平成23年1月の記録的な豪雪（福井豪雪）の経験を踏まえた高速道路での取り組みと、並行道路の管理者である近畿地方整備局、及び福井県との連携強化について報告するものである。

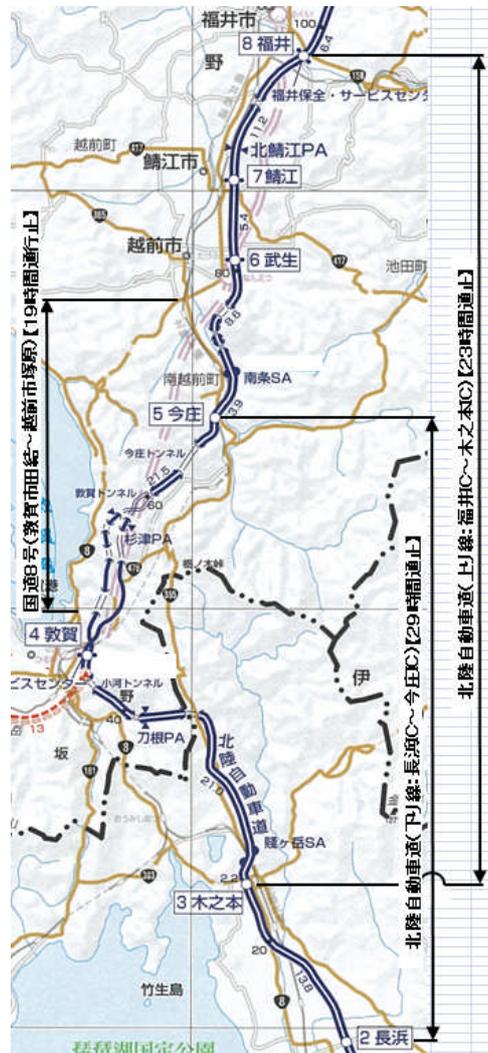
2. 平成23年1月の福井豪雪

2-1) 福井豪雪の影響

平成22年12月末から長期の低温状態による降雪が続く中、平成23年1月30日には、輪島上空約5,200m付近でマイナス39.7度の寒気が入り、強い冬型の気圧配置となった。福井県南越前町今庄では1月30日6時から31日6時の24時間で80cmの降雪を記録し、この時点で最大積雪深244cmに達する状況であり、福井県内の広い範囲で豪雪を記録した。

この福井豪雪により、国道8号は、敦賀市田結から越前市塚原の区間で18時間30分の通行止め、北陸自動車道は、米原方面へ向う上り線が福井ICから木之本IC間で23時間の通行止め、金沢方面へ向う下り線が長浜ICから今庄IC間で29時間の通行止めとなった。

（図－1）



図－1 国道8号と北陸自動車道の通行止区間

通行止め区間には、国道8号で約380台、北陸自動車道の上り線で約300台、下り線で約500台の滞留車両が発生し、その救出に時間を要したために通行止め時間が長時間化した。



写真－1 北陸自動車道の滞留車両

*1 中日本高速道路株式会社 金沢支社 保全サービス事業部

また、この2本の幹線が、この地区を南北に結ぶ主要路線であることに加え、並行するJR北陸本線も運転不能となったことにより、周辺交通は完全に麻痺することとなった。(写真-1)

2-2) 降雪状況

当時の時間降雪量と累計積雪深を表したのが図-2である。(今庄IC付近：NEXCO観測所調べ)

このグラフと通行止め時間を整合させると、時間降雪量が10cmを超える降雪強度の強い時間帯が数時間続いた後で、通行止めとなっている状況である。

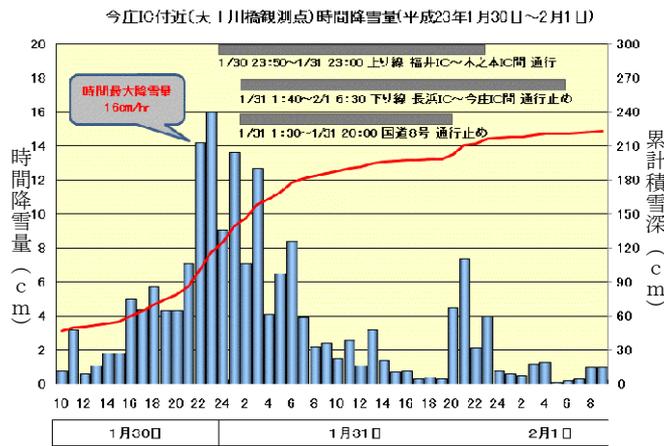


図-2 経過時間と降雪量

2-3) 通行止めの発生及び長時間化の要因

前項に述べた降雪状況は、現場を管理する保全・サービスセンターの除雪車が適正なローテーションで除雪したとしても、除雪後の車線部分に積雪が残ってしまう程の降雪量であり、登り勾配区間では残った積雪でタイヤが空転して登坂不能の状態に陥る車両が発生する。特に大型車が登坂不能に陥るケースが多く、スタッドレスタイヤを装着していても、空荷であったり、雪道に不慣れであったりすると登坂不能を引き起こしやすい。一旦登坂不能車が発生すると、車両が車線を塞ぎ交通の流れが途絶えて滞留し、後続の除雪作業が滞り、他の車両も雪に埋もれてしまうという悪循環に陥る。

このように、①登坂不能車両の発生、②除雪作業の遅れ、③滞留車両の救出作業の難航、が通行止め長時間化の要因である。

3. 北陸自動車道の雪氷対策強化

今回の集中豪雪を経験し多くの課題が見えてきたことから、平成23年度冬期から継続的に以下の取り組みを実施している。

3-1) 現地状況把握の迅速化

福井豪雪にあつては、現地状況を雪氷巡回等で把握していたが、登坂不能車が発生している箇所状況把握に時間を要したため、リアルタイムで状況把握ができるように、監視カメラを増設することとした。

保全・サービスセンターの雪氷対策室においてモニター監視するために、福井豪雪で登坂不能車が発生した箇所で、監視カメラを6基増設した。

平成24年度までに金沢支社管内の設置台数は131基となり、3%以上の登坂勾配箇所の全てを監視可能とし、危険箇所の現地状況をリアルタイムに把握できるようになった。(写真-2)



写真-3 登坂不能車を回避する状況

3-2) 効率的な除雪車の運用

まず、登坂不能車の発生を抑制するために、豪雪時の特例として本線除雪ローテーション間隔の短縮に取り組んだ。梯団編成(3台⇒2台)の変更による梯団数の増強とUターン路を活用した除雪サイクルの短縮化である。(図-3)

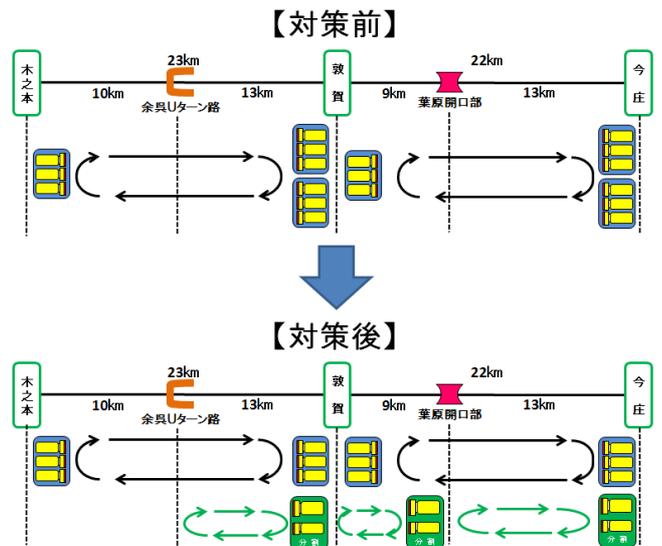


図-3 除雪車の運用

* 1 中日本高速道路株式会社 金沢支社 保全サービス事業部

北陸自動車道の中でも有数の豪雪地帯である木之本 I C から今庄 I C では、除雪車を 18 台保有している。

高速道路の 2 車線部分を、堆雪幅を確保しながら路肩まで拡幅するには 3 台編成が必要となる。このため通常は 6 梯団で運用するが、豪雪時には車線部分の除雪を優先することとし、6 梯団のうち、2 梯団 6 台を 2 台編成で 3 梯団に組み替えることにより、全部で 7 梯団とすることによる梯団数の増強を図ることとした。

また、増強した梯団を有効に運用するために、雪氷 U ターン路や中央分離帯開口部を積極的に活用し、登坂不能車の発生しやすい敦賀 I C 前後区間の除雪サイクルを短縮化することとした。

3-3) 登坂不能車両の早期排除

福井豪雪では、登坂不能車両が次々と発生し、その排除と滞留車両の救出に、上り線で約 20 時間、下り線で約 27 時間もの時間を要した。

登坂不能車両を排除するには、先頭及び後部からトラクターショベルなどの除雪機械を導入して、1 台毎に障害となっている積雪・圧雪を排除しながらの作業となる。

一旦登坂不能車両が発生すると、後続の車両も停滞し、除雪車両の運行が阻害されて除雪作業が進められないという悪循環に陥る。

そこで、これまでも登坂不能車両を即時に牽引し救出するため、トラクターショベルを随所に配備してきたが、平成 23 年度には金沢支社管内で、3 台のトラクターショベルを増強し、合計 8 台を配備した。(写真-4)



写真-4 トラクターショベルによる後部からの牽引状況

また、登坂不能車両の救出強化策として、緊急脱出用の簡易チェーンを活用することとした。この簡易チェーンを交通管理隊車両、雪氷巡回車及び緊急出動する NEXCO 車両に携行させ、積雪で脱出不能となっている大型車に装着し救助するものである。(写真-5)



写真-5 簡易チェーン

3-4) 対策強化の成果

福井豪雪の年である平成 22 年度はラニーニャ現象が出現したが、平成 23 年度も同様にラニーニャ現象が出現したこともあり、1 月後半から 2 月前半をピークにシベリア高気圧が勢力を増し、非常に強い寒気が日本海に流れ込み、北陸地方でも大雪となった。

両年度を比較すると、総降雪量では大きな差が無かった。(平成 22 年度累計降雪量 511 cm 平成 23 年度累計降雪量 475 cm NEXCO 観測局における平均降雪量より)

平成 22 年度には雪による通行止めが上下線別で 5 回(延べ約 60 時間)発生したが、北陸自動車道の雪氷対策を強化したことにより、同程度の総降雪量であったものの、平成 23 年度には通行止めを 3 回(延べ約 12 時間)に抑えることができた。

平成 24 年度には、雪による通行止め発生ゼロ化を目指し、登坂不能発生頻度の高い区間には、定置式薬剤散布装置を設置する等、雪氷対策強化したことにより、雪による通行止め回数を 1 回(延べ 47 時間)まで低減することができた。

4. 関係機関との連携

4-1) 道路情報連絡室の設置

日本国内で有数の豪雪地帯である北陸地方では、これまでも豪雪による交通障害が度々発生している。

石川県、福井県、富山県では従前から国道、高速道路、県道の道路管理者間で情報を共有し、連携した除雪対策が行えるよう「道路情報連絡室」を設置する取り組みを行っていた。

道路情報連絡室の主な役割は、次のとおりである。

- (1) 道路、気象等の情報の一元化と共有
- (2) 連絡・調整(除雪協議、通行可能路線の把握)

* 1 中日本高速道路株式会社 金沢支社 保全サービス事業部

(4) マスコミ、市町村、道路利用者等への情報提供

4-2) 道路情報連絡室の機能強化

平成22年度には、福井県内の他にも、福島県内の国道49号と磐越自動車道、鳥取県内の国道9号と山陰自動車道において、長時間にわたり車両が道路上に滞留する状況が発生した。こうした状況を踏まえ、国土交通省道路局から道路管理者間の連携強化の指導があり、石川、福井、富山の3県でも道路情報連絡室の更なる機能強化を図った。

一つに、異常な降雪時において大型車の立ち往生が発生した場合、引き続き流入する交通による著しい渋滞を防ぐため、交通管理者（警察）と連携のうえ、早い段階で通行止め措置を行い、除雪作業を集中的に実施することで迅速に交通を確保するために情報を共有することとした。

さらに、気象予測、路面の状況、降雪状況、車両の滞留場所等を勘案して、交通管理者と道路管理者が緊密に連携のうえ、現地での車両の確認措置を含むタイヤチェーン装着規制の実施を図るために情報を共有することとした。

平成23年度の福井県道路情報連絡室は、従来の福井河川国道事務所、福井県土木部、福井県警察、中日本高速道路㈱に加え、新たに福井地方气象台も参画し、運用体制の強化を図った。

大雪警報発令時には、迅速に召集し、円滑な情報共有と情報提供の一元化を行った。連絡室は、福井河川国道事務所内に設置され、平成23年度は6回、平成24年度は5回設置された。

4-3) 道路情報連絡室の効果

道路情報連絡室の主な役割は前述のとおりであるが、具体的な活動内容を紹介する。

①リアルタイムな気象情報の収集

福井地方气象台を構成に加え、気象予測の段階からリアルタイムな情報を入手できるようになった。NEXCO中日本では民間気象予報会社と契約して気象予測情報を得ているが、地域に精通した福井气象台による気象予測情報と照合することで、より高精度に雪氷対策に生かすことができるようになった。

②通行止め区間の調整

福井豪雪では、国道8号における登坂不能車の影響で交通が滞留し、除雪作業が行えなくなったことから、敦賀市田結から越前市塚原の間で通行止めを余儀なくされた。当時、並行する北陸自動車道の敦賀ICから今庄ICの区間でも登坂不能車両が発生しており通行止めとなっていた。

道路情報連絡室では、2つの路線の交通状況に加え、路面状況や除雪作業などの情報を共有し、北陸自動車道から降りた車両が他の地方道や高速道路へ迂回するという経路選択ができるように、北陸自動車道の通行止め区間を延長する調整を図った。

また、北陸自動車道の通行止め解除時には、接続する幹線道路における除雪作業の優先順位を見直すなど、道路網としての機能を確保する調整を図っている。

③北陸地域の主要交通路の確保

北陸自動車道に並行する国道8号が通行止めとなった場合、当地域の交通は北陸自動車道に託されることとなる。道路情報連絡室の情報を受け、国道8号が通行困難な状況に陥りそうなときは、北陸自動車道本線の並行区間で、登坂不能が予測される区間の除雪体制を強化することとする。北陸地域の南北を結ぶ主要交通路が途絶しないように、最低でも1路線の交通を確保することに努めている。

④道路利用者への情報提供

道路情報連絡室で収集した国道8号及び北陸自動車道のリアルタイムな情報を周辺の飲食店、ガソリンスタンド、コンビニエンスストアの22箇所にFAXで送信し、店舗にて道路利用者に対する情報提供を行っている。

5. あとがき

現状の除雪体制で対応できる異常降雪には限界があるものの、関係機関との情報共有・調整を図り、過去の経験を生かした様々な取り組み強化を行うことで、北陸自動車道並びに主要道路の冬期交通確保に努めている。

また、交通停滞の要因となる登坂不能は、道路を利用されるお客様の装備が不足していることにも起因しており、スタッドレスタイヤの着用やチェーン携行を呼び掛ける広報を重点的に実施するとともに、お客様に対して適時適切な交通情報を提供する取組みを引き続き行っていく。

DC 有孔板を用いた新型吹き止め柵と従来型吹き止め柵との性能比較

吹きだまり量の屋外観測

飯田隆元^{*1}, 平田勝二郎^{*1}, 上野晴彦^{*1}, 今野智和^{*2},
 苫米地司^{*3}, 千葉隆弘^{*3}, 大槻政哉^{*4}, 齋藤佳彦^{*4}

1. はじめに

道路で発生する吹雪による視程障害および吹きだまりのハード対策には、防雪切土のような道路構造による対策や

道路防雪林及び道路防雪柵を設置する対策がある¹⁾。道路用地の確保が可能な場合は、防雪切土や道路防雪林が有効であるが、既存路線で道路用地を十分に確保することが困難な場合は、道路防雪柵のみで検討を行う場合が多く、ニーズも依然として高い状況である。その道路防雪柵には、主に、吹き止め柵、吹きだめ柵、及び吹き払い柵があり、防雪柵を設置するための用地が少なく、多車線道路の吹雪対策を行う場合は、吹き止め柵が選定される。この吹き止め柵は、下部空隙をゼロとし、防雪柵の風上側に吹きだまりを形成させることによって、視程障害や吹きだまりの対策を行うものであり、その防雪機能は柵高と防雪板の空隙率などに依存することが知られている。一方、吹き止め柵の断面形状で気流を制御し、低い柵高においても道路の達する飛雪を上方へ流すことで対応するものが増えている。しかし、技術的データの蓄積が不十分であり、設計手法の確立には至っていない。そこで筆者らは2010/2011冬期に、防雪板を通過する気流を制御する有孔板（DC板）を用いた吹き止め柵（高性能吹き止め柵）を含む4種類の吹き止め柵の防雪性能調査を行った²⁾。その結果、DC板の防雪性能が高いことが明らかになったが、1タイプあたりの試験体の長さが9mと短く各々の効果が干渉し合った可能性や、冬期の吹雪条件がそれ程厳しくなかった等の課題が残っていた。そこで本研究では、より過酷な環境下での防雪効果の検証を目的として、試験体を設置する場所の選定と設置長さ等を再度検討し屋外観測を行った。今回対象とした試験体は、次に示す従来型吹き止め柵と新型吹き止め柵の2種類とした。前回4種類で実施したうち、Type3（従来型吹き止め柵）はType1、Type4（新型吹き止め柵）はType2と表記し、2種類の特性を比較する。

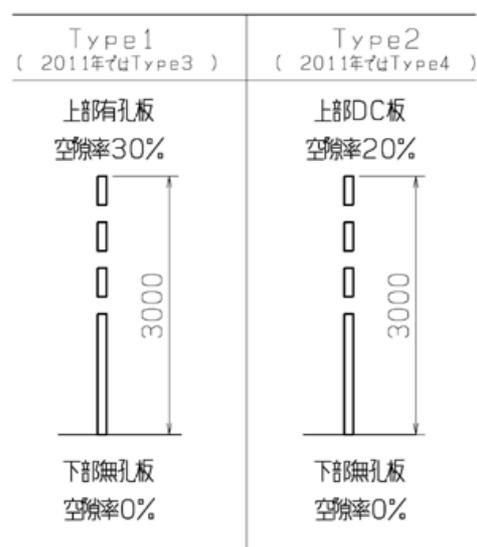


図1 各Type断面図

図1に今回の研究対象の2種類の防雪柵の概念を示す。柵高をH=3.0m、地面から1.5mの高さを無孔板（透過率0）とし、その上側の1.5mを、Type1は通常の有孔板（透過率30%）、Type2はDC板（透過率20%）とした。なお、DC板の構造は、図2に示す折り板式で、パネルの上向き部分に孔がパンチングされているものである。

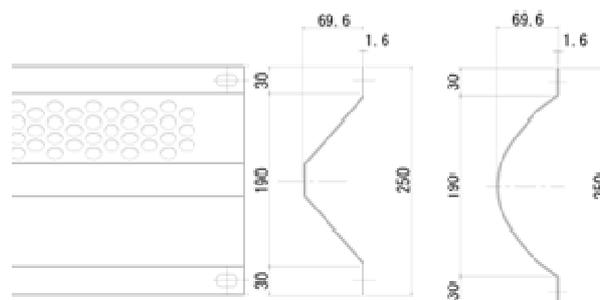


図2 DC板の概要

^{*1}株式会社ノースプラン TEL011-788-1855, ^{*2}北海道ガソン株式会社TEL011-663-1000,

^{*3}北海道工業大学空間創造学部建築学科 TEL011-688-2345, ^{*4}株式会社雪研スノーイーターズ TEL011-272-3540

2. 観測方法

2.1 試験場所について

2012年12月21日に Type1 と Type2 を新たに石狩志美地区に設置し観測を行った。図3に試験箇所とその状況写真をしめすが、今回の試験は積雪の状況を詳細に調べることが主な目的となるため、吹きだまり量が極めて多く厳しい気象条件であることと、試験体に影響が及ばないよう周辺の林帯と建物等が存在しないことを条件に入れて設置場所の選定を行った。

石狩志美地区

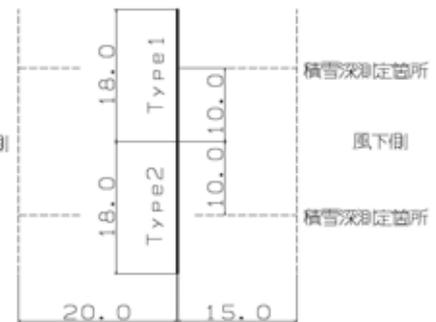
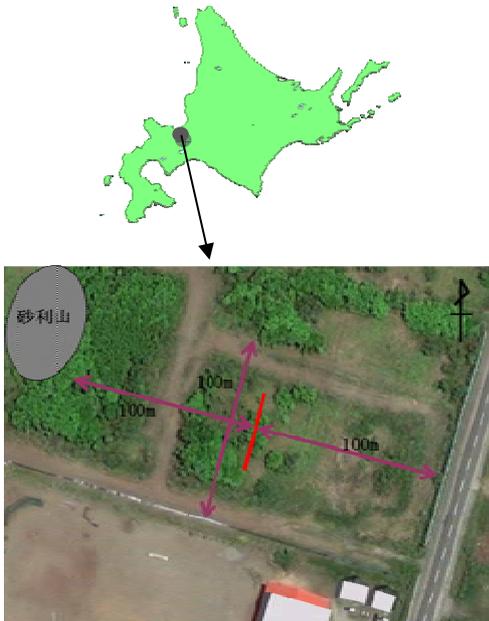


図4 試験体配置図

図5に2012/2013冬期の近傍の石狩アメダスの気象時系列を示す。今冬期は、2月下旬に最深積雪180cmを記録するなど大雪であり、観測を実施した12月下旬～1月下旬の積雪深も80cm~100cmと例年に比べれば平地積雪深の多い状態であった。またそれぞれの観測実施日の2~3日前には日最大風速8~10m/sの風が吹いており、規模の大きい吹雪が発生していたと考えられる。屋外観測は主にその吹雪による吹きだまりを計測したものと考えられる。

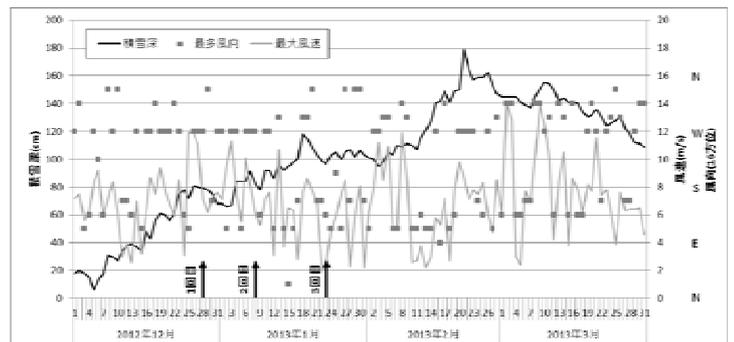


図5 気象データ(石狩アメダス)

2.2 試験体

写真1に試験体の設置状況を示す。風上側に向かい右側が従来型吹き止め柵 Type1, 左側にDC有孔板を使用した新型吹き止め柵 Type2 を設置した。双方が影響を及ぼし合わないよう設置長さは各18mと前回の2倍とし、双方の合計長さを36mとした。

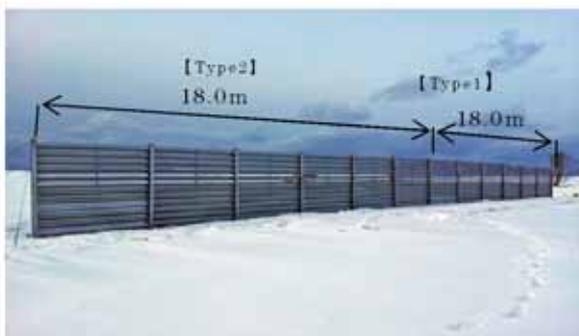


写真1 試験体概要

2.3 観測方法

屋外観測における吹きだまりの測定はレベル計を用いて、各ポイントの積雪深を計測した。測定範囲は、図4に示すように風上側20m, 風下側15mの範囲を計測した。観測位置は双方の影響を考慮し、それぞれの中間位置とした。

測定は、2012年12月28日, 2013年1月9日, 1月23日の3回実施した。

3.1 積雪状況

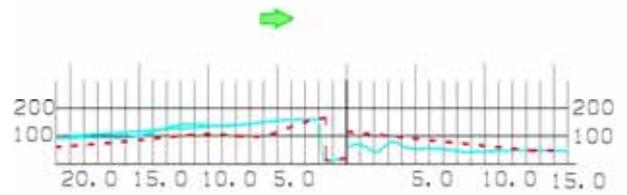
写真2~写真4には、3回の観測時の状況写真(風向は調査時の風向)を示す。図6には、積雪横断面を示す。

これによると、1回目の計測では、風下側の吹きだまりはあまり発達しておらず、風上側の吹きだまりのほうが大きい。2回目の計測において、風上側の吹きだまりが大きく成長するとともにそのピーク位置が柵に近づいた。一方風下側の吹きだまりに関しては、新型吹き止め柵では、1回目比べて成長の度合いは緩やかだが、従来型吹き止め柵の場合、柵~3m位置までの積雪深が2mほどに成長している。3回目の風下側を見ると、新型吹き止め柵の雪丘も発達したが、それ以上に従来型吹き止め柵の風下側の雪丘がさらに発達しているのがわかる。

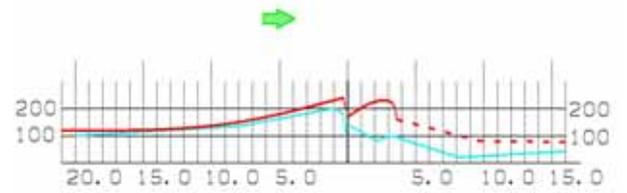
【2012年12月28日観測】



【2012年12月28日観測】



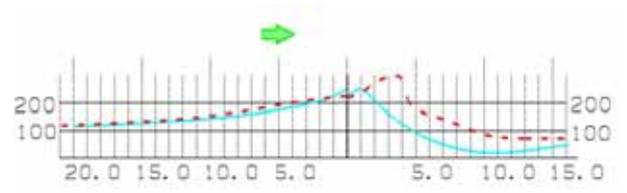
【2013年1月9日観測】



【2012年12月28日観測】



【2013年1月23日観測】



--- 従来型吹き止め柵
— 新型吹き止め柵
 (縦軸の倍率2倍)

図6 積雪横断形状

【2012年12月28日観測】



3.2 吹きだまり量の算定

図7に3.1の計測結果をもとに吹きだまり量を算出したものを示す。吹きだまり量の算定は、各断面の平地積雪深と推察される地点での積雪深を差し引いて求積したものである。図を見ると、1回目の吹きだまり量は柵前後合計でこちらの柵も10m³/m程度で変わらなかったが、2回目と3回目では、従来型吹き止め柵 Type1の方が新型吹き止め柵 Type2の2倍強もあることがわかった。この2回目と3回目は、風上側の吹きだまり量はそれほど変わらないが、風下側の吹きだまり量が極端に異なっていたことが全体の吹きだまり量の違いに影響したものである。前節でも述べたとおり、従来型吹き止め柵では風下側の吹きだまりが大きく発達したのに対して、新型吹き止め柵の風下側の吹きだまりはほとんど成長しなかったものである。

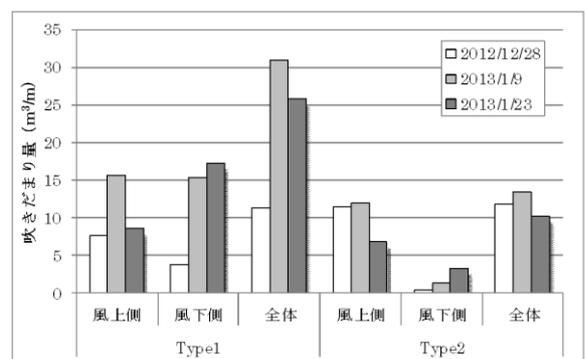


図7 吹きだまり量比較グラフ

4. 考察

屋外観測の結果から、Type1（従来型吹き止め柵）と Type2（新型吹き止め柵）の特性に異なる結果が生じていることが確認できた。吹きだまり量を比較すると Type1（従来型吹き止め柵）よりも Type2（新型吹き止め柵）の吹きだまり量は風下側で 80～90%も少なかった。全体の吹きだまり量で比較しても最大で 60%少なかった。なお、2012年 12月 28日は降雪初期であり積算の吹雪量自体がまだ少ないため、全体の吹きだまり量は、両者にあまり変化がなかったと考えられる。この結果から Type1（従来型吹き止め柵）と Type2（新型吹き止め柵）では気流の変化が生じていることが推察できる。写真 5 と写真 6 に示す屋外発煙試験の結果、Type1（従来型吹き止め柵）は柵上端から下方向に巻き込む渦が常に発生しており雪は柵近傍に舞い落ちる流れに対し Type2（新型吹き止め柵）は柵近傍の流れが柵上端を吹き抜ける速い風に吸い上げられて舞い上がる様子が確認できる（図 8 に概念図を示す）。

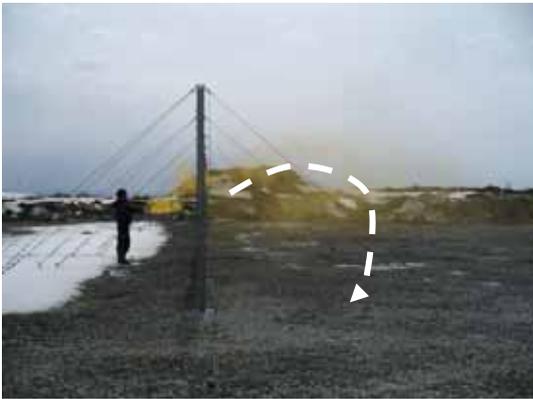


写真 5 Type1 煙分布



写真 6 Type2 煙分布

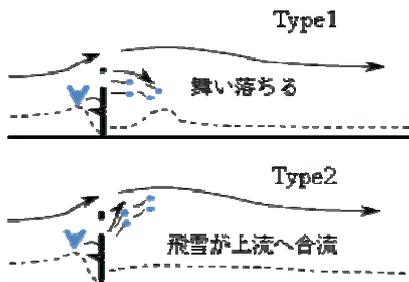


図 8 各防雪機構概要図

図 9 には 2010/2011 冬期に実施した、吹き止め柵上部 1.5～3.0m 部分の風速分布測定の結果を示す。これを見ると、従来型吹き止め柵 Type1 の方が新型吹き止め柵 Type2 に比べて柵風下側の減風効果が強いことがわかる。

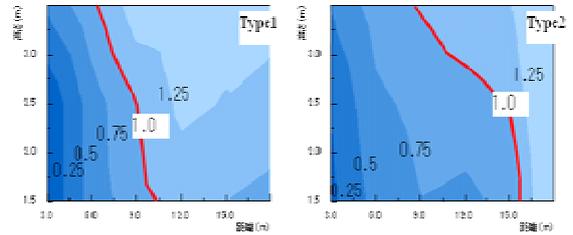


図 9 各風速分布（千葉等¹⁾を改変）

これらのことから、DC 板を用いた新型吹き止め柵は、柵上部の構造によって気流を極端に減風することなく風下側に流すことが出来るため、その結果として柵風下側の吹きだまり量が少なくなったものと考えられる。逆に従来型吹き止め柵は柵風下側直下で急激に減風しており乱流も大きいことが推察され、その影響で吹きだまりが大きく成長したと考えられる。なお、従来型に比べて少なかった分の吹きだまりがどこに形成されたのか、上述した推察に関連付けると、今回の測定範囲よりもさらに風下側まで飛雪が飛ばされ緩やかな雪丘としてたまっている可能性がある。吹きだまりを柵近傍の道路付近に形成させないことができれば、より道路に近い位置に設置することが可能になり、対策施設選定の際の用地条件の緩和につながることを期待される。

5. まとめと今後の課題

従来型吹き止め柵と新型吹き止め柵の吹きだまりの形成状況を北海道石狩の現地観測で把握した。その結果、従来型吹き止め柵は柵の風下側にも大きな吹きだまりを形成したのに比べて、新型吹き止め柵の場合は風下側にはほとんど吹きだまりを形成させなかった。これは DC 板による気流制御効果によるものと考えられた。今回は新型吹き止め柵の風下側の吹きだまりの形成範囲が明確にならなかったため、同様の観測で測定範囲を広げること、また視程障害に対する効果の検証が課題として挙げられる。

【参考文献】

- 1) 土木研究所寒地土木研究所編：道路吹雪対策マニュアル（平成 23 年改定版），2011.3.
- 2) 千葉隆弘他：DC 有孔板を用いた道路防雪柵における防雪性能の観測，第 27 回寒地技術シンポジウム論文集，pp181-184,2011.11.

小型ドップラーレーダー(WITHレーダー)及びサポーターレポートを用いた降雪現象の把握について

戸部 明 有賀 哲夫 辻岡 直也 川村 宏樹*1

1. はじめに

近年の北海道地方における降雪現象の特徴の1つとして、同一エリアでの局所的且つ短時間強雪をもたらす現象が多く発生している。特に、2011～2012年の岩見沢での豪雪(表1.)、2012～2013年の札幌での低温・豪雪(表2.)は記憶に新しい。

表1. アメダス岩見沢での2カ年降雪量比較
(赤文字：2011年度が2012年度に比べ30%以上多い)

	12月		1月		2月		3月	
	2011年	2012年	2012年	2013年	2012年	2013年	2012年	2013年
上旬	120	69	62	133	113	63	16	37
中旬	161	101	116	73	68	71	23	30
下旬	65	89	59	2	36	60	38	51
月合計	346	259	237	208	217	194	77	118

表2. アメダス札幌での2カ年降雪量比較
(赤文字：2012年度が2011年度比に比べ30%以上多い)

	12月		1月		2月		3月	
	2011年	2012年	2012年	2013年	2012年	2013年	2012年	2013年
上旬	35	68	57	13	25	58	21	57
中旬	19	100	9	64	28	61	24	33
下旬	52	44	33	48	28	49	17	15
月合計	106	212	99	125	81	168	62	105

このような局所的且つ短時間強雪や、気象庁レーダー等の従来ある気象観測インフラでは捕捉できない現象を把握する事を目的に、株式会社ウェザーニューズ(以下、WNI)では、独自小型ドップラーレーダー(以下、WITHレーダー)を道内の要所に設置し観測を行っている。(図1.)



図1. WITHレーダー設置状況

WITHレーダーの特徴としては、6秒/回での観測を可能とする事、水平方向観測以外に、鉛直方向を可能とし、雪雲の雲長高度・反射強度から発達・衰退等の現象をリアルタイムに観測する事が可能である。(表3.)

表3. WITHレーダー性能について

項目		WITHレーダー	気象庁レーダー
観測高度		0km以上	2km以上
観測範囲		半径50km	半径250km
観測頻度		6秒	5分
解像度		150m	1km
解像度		3次元的に表示	固定レーダ値もしくは最大値を利用
観測方向		水平方向・鉛直方向	水平方向
観測要素	降水強度	○	○
	移動方向・速度	○	○
	降水相判別	○	×

また、近年、ITV等の整備が充実しており、積雪深計などでは捉えにくい、降雪有無(特に降り始め)の把握に効果を上げている。WNIでは、一般の気象情報サイト(ウェザーニューズ)会員の方々から天候状況をレポートしていただく取り組み(以下、ウェザーレポート)を実施している(図2.～3.)。このウェザーレポートも同様に、雪の降り始め、さらに雨雪の判別を把握する上でも有効な情報の1つとなっている。



図2. ウェザーニューズ(インターネットサイト)



図3. ウェザーリポート (ウェザーニュースタッチ)

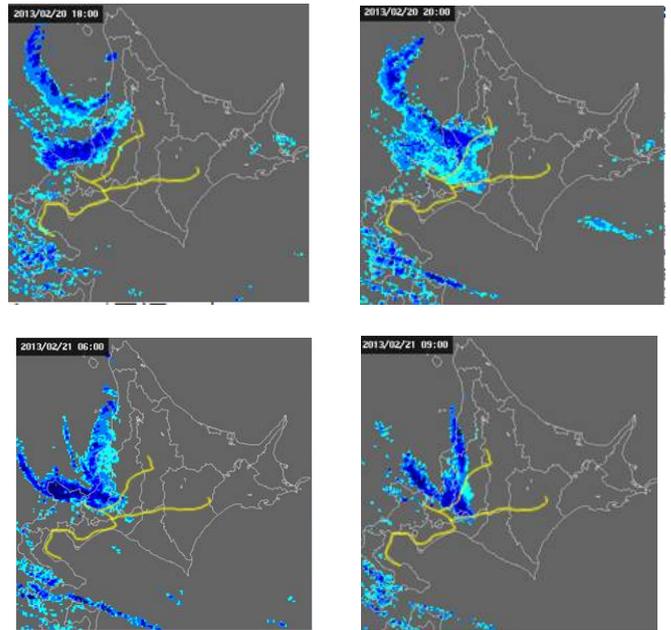


図6. 気象庁レーダー(20日～21日)
(左上：20日18時、右上：20日20時)
(左下：21日6時、右下：21日9時)

本書では、WNIが取り組んでいるWITHレーダー及びウェザーリポートを用いた降雪現象の把握に関する報告を行う。

2. 具体的観測事例

2. 1 2013年2月20日～21日事例

当時の気象状況は、北海道付近は冬型気圧配置となり、上空5,000m付近には氷点下42℃以下の寒気に覆われた。上空に寒気を伴った気圧の谷が沿海州からサハリン付近を東進し、帯状の発達した雪雲が道内に流れ込んだ事例である (図4. ～6.)。

図4. ～5. にある通り、アメダス岩見沢では20時には短時間強雪となる6cm/hを観測されたほか、アメダス札幌では21日の4時頃から観測を開始している。一方で、石狩湾から流れ込んできている雪雲は20日18時段階で既に札幌市周辺に掛かり始めている (図6.)。

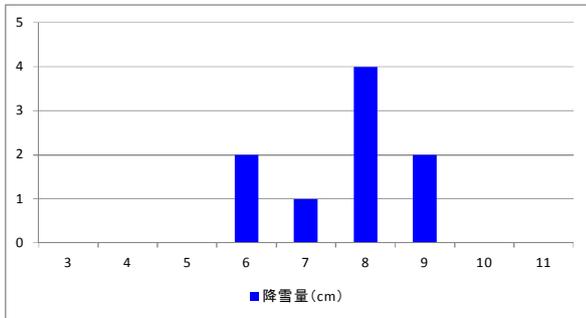


図4. アメダス札幌の降雪状況 (21日3～11時)

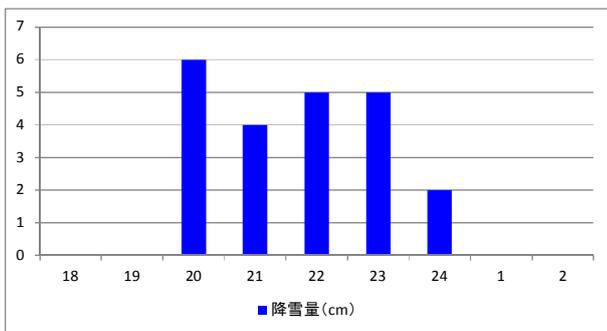


図5. アメダス岩見沢の降雪状況 (20日18～21日2時)

図7. ～8. は20日20時段階で岩見沢市周辺から届けられたウェザーリポートである。リポート内容は20時段階で猛吹雪になっている事が寄せられている。周辺アメダス (栗沢) でも同時刻の観測状況を見ると、21時に2cm/hに相当する降雨を観測している。また、図5. にあるとおり岩見沢周辺では20時以降5cm/hレベルの降雪が続いており、強雪により視界が悪化したと考えられる。

ID		
カテゴリー	周辺の空	
天気	大雪(吹雪)	
体感		
五感予報		
観測	-°C/-hPa/-%/ -m/s	
投稿時間	2013-02-20 23:10:30	
場所	北海道空知郡南幌町 (そらちぐんなんぼろちょう)	
名前		
タイトル	8時頃から猛吹雪(...)	

図7. ウェザーリポート内容 (その1)

ID		
カテゴリー	周辺の空	
天気	大雪(吹雪)	
体感		
五感予報		
観測	-°C/-hPa/-%/m/s	
投稿時間	2013-02-20 20:57:45	
場所	北海道岩見沢市栗沢町 (いわみざわし)	
名前		
タイトル	猛吹雪	
一気に吹雪いて来ました 国道は前の車のテールランプは見え ないほど！ どこ走ってるかわかりません。 久しぶりに怖い思いをしました		

図8. ウェザーレポート (その2)

また、WITHレーダーの観測様子を図9.～図10. にまとめた。

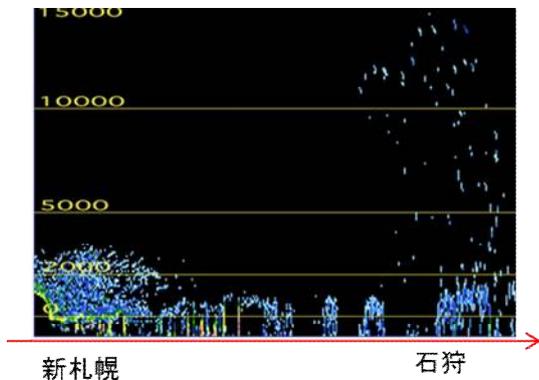


図9. WITHレーダー観測様子 (新札幌：7時30分)

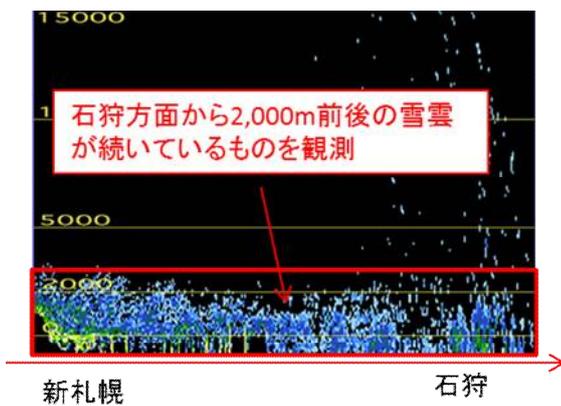


図10. WITHレーダー観測様子 (新札幌：7時50分)

気象庁レーダーで見ると、雪雲がかかっている事は把握可能であるが、実際に雪雲の雲頂高度までは把握できない。一方で、WITHレーダーでは図9.～10. のように雲頂高度の観測を行い、20分間に雪雲が札幌方面に入ってきている事が分かる。WITHレーダーを用いる事で、短時間強雪の発生に対して有効な情報であると考えている。

2. 2 2012年11月27日事例

当時の気象状況は、低気圧通過後に冬型の気圧配置となり、朝には上空 1,500m 付近で氷点下 9°C以下、上空 5,000m 付近で氷点下 36°C以下の真冬並みの寒気が流れ込んだ。また、低気圧の後ろ側から巻き込むように入り込んだ非常に活発な雪雲は、明け方以降長万部方面から順次かかり、次第に東へ移動した(表 6、図 11～12)。

表6. アメダス室蘭の天候状況 (26日15時～27日15時)

時刻	天候	視程(km)
15時	雨	
21時	雨	
3時	雨	
9時	雪	0.4
15時	雪	1.3

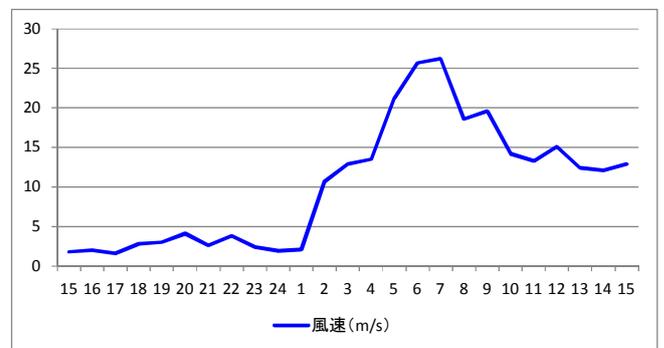


図11. アメダス室蘭の風速状況 (26日15時～27日15時)

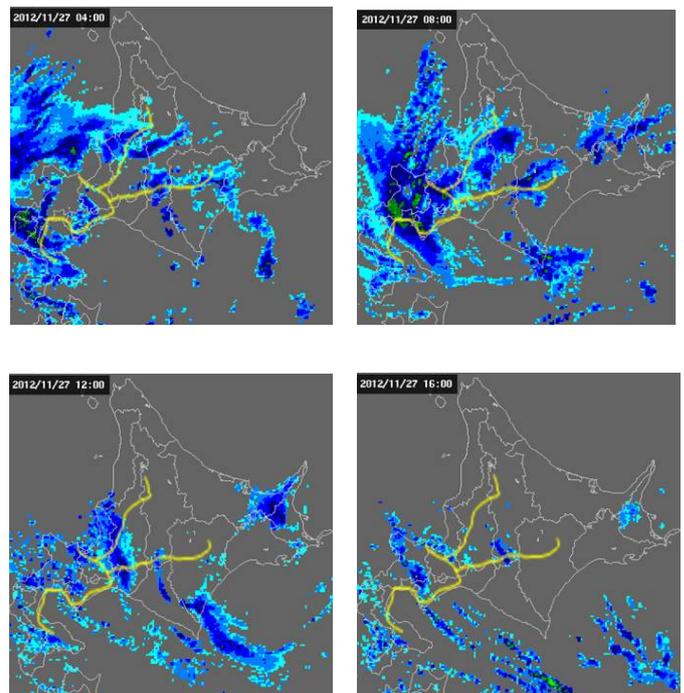


図12. 気象庁レーダー(27日)
(左上：27日4時、右上：27日8時)
(左下：27日12時、右下：27日16時)

表6.にある通り、低気圧の接近に伴い、当初、室蘭では雨で推移していた。日付が変わるタイミングから徐々に風が強くなり、8時には25m/sを超える風速を観測している。また、9時の視程を見ると400mまで低下している。一方で、降雪量は1cm/h程度である事から、強風による吹雪で視界悪化したと考えられる。

図13.は27日13時30分までに送られてきたウェザーリポートをまとめたものである。これを見ると胆振周辺では、「パラパラ」「ベチャ」「ブワァー」といったリポートが送られており、雨から吹雪に推移していった状況が分かる。

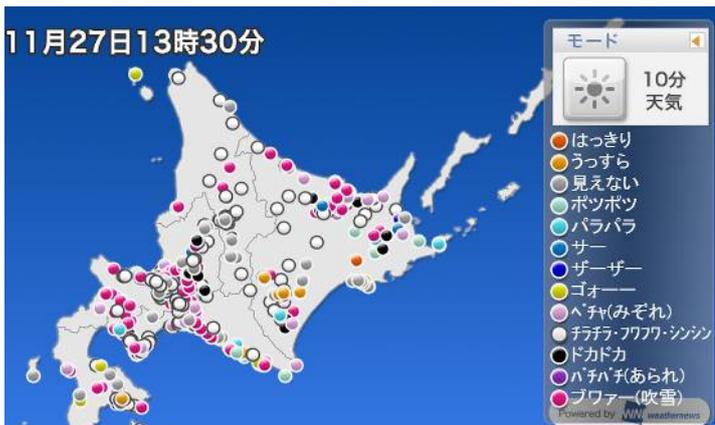


図13. ウェザーリポート

図14.は27日のWITHレーダー（洞爺湖）の観測の様子である。低気圧通過に伴う雲の様子は気象庁レーダーでも胆振管内にかかっている事が分かる。WITHレーダーでは、ドップラー機能を用いて、雪雲本体の流れ込み方向を観測している（緑色の矢印）。この事から、雪雲の進行方向を高頻度・高解像度で把握する事が可能となる。

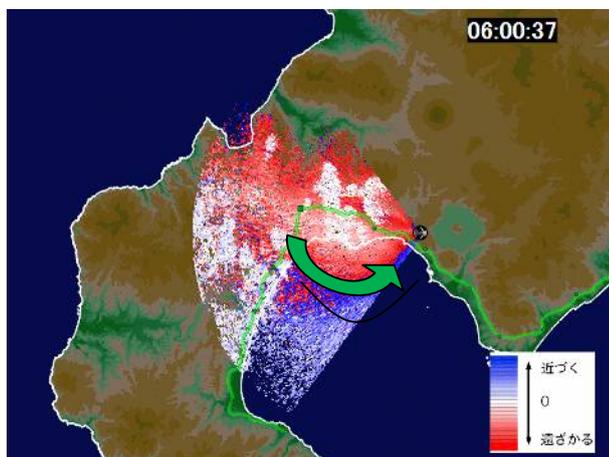


図14. WITHレーダー観測様子（洞爺湖：27日6時）

3. まとめ

WITHレーダーによる気象観測インフラ網を充実する事で、従来捉えられない現象や、雪害をもたらす現象に対して、確実な実況を把握する事が可能であると考えている。一方で、従来ある気象観測インフラの他、ウェザーリポートといった取り組みを組み合わせる事で、より詳細な現象の把握が可能になると考えている。

引き続き、事例の蓄積を行うと共に、局所的且つ短時間強雪といった交通に影響をもたらす事例への情報提供活用に繋げていく予定である。

あられ対策支援に関する共同実験

山村 義雄*1、相羽 康博*2、黒田 雄介*3、戸部 明*3、有賀 哲夫*3
園田 憲治*4、高畑 謙彦*5

1. はじめに

日本列島は四方を海に囲まれており、シベリア大陸方面からの寒気の流入による影響を受けやすい特徴がある。上空に寒気が流れ込むと大気の状態が不安定となり、積乱雲が発達することでシビア現象が発生する。シビア現象は、突風や落雷、竜巻や雹といった現象が挙げられるが、北陸地方を中心とした日本海側のエリアでは「あられ」がしばしば発生する。図1は、平成20～22年度におけるあられ発生頻度分布であるが、特に東北から山陰にかけてのエリアでは概ね70回以上発生しており、頻度の高いエリアと言える。



写真1 あられの積もった高速道路路面

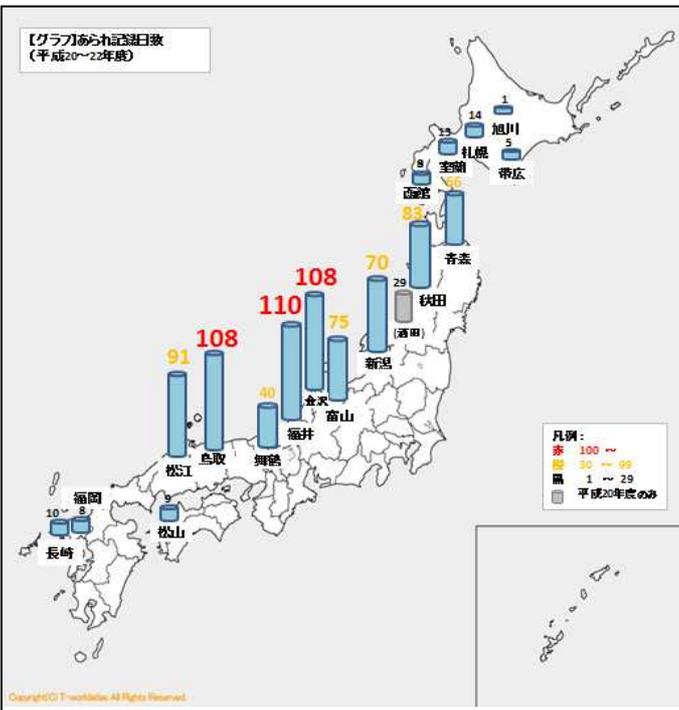


図1 あられ発生頻度分布 (平成20～22年度)

あられが短時間に強く降る場合は、路面が一瞬で真っ白になる。路面に積もった状態で車両が走行すると、冬用タイヤを装着していない場合はもちろんのこと、冬用タイヤを装着している場合でも、急ハンドルや急ブレーキといった運転操作を行うと滑りやすくなり、危険な状態となる。特に、高速道路では、一般道路に比べ速度を出すため、大変危険である。

東日本高速道路株式会社 上越管理事務所（以下、NEXCO上越）の管理する北陸自動車道の朝日IC～上越JCT間は連続トンネルを有することから、冬用タイヤを装着していない車両が比較的多い11月から12月の初冬期には、トンネル出口付近で事故が多く発生する傾向にある。

この対策として、株式会社ネクスコ・メンテナンス新潟（以下「メンテ新潟」）では「あられ検知器」を用いた情報提供システムを開発し、平成22年度以降、速度低下や事故削減を目的として取り組みを進めている。平成23年度には、株式会社ウェザーニューズ（以下、WNI）の有する独自レーダ等を用いたあられ発生予測技術を用いて、確実かつ迅速なドライバーへの情報提供が可能かどうかを「あられ対策支援に関する共同実験」を通じて考察、検証した。その結果、平均29分のリードタイムを確保したあられ警戒情報の提供が可能であることが成果として得られた。

そこで、平成24年度においては、より雪氷作業に直結させるため、最適リードタイム確保に主眼を置き、予測区間の追加・細分化を実施し、引き続き実験を行うことで考察、検証することとした。本論文では、平成24年度の実験における成果について報告する。

*1 東日本高速道路株式会社 上越管理事務所
*2 株式会社ネクスコ・メンテナンス新潟 上越事業所
*3 株式会社ウェザーニューズ 道路気象コンテンツサービス

*4 株式会社ウェザーニューズ 気象解析センター
*5 株式会社ウェザーニューズ 新潟SSB

2. これまでの課題

2-1. 道路管理における課題

前述の通り、北陸自動車道の朝日IC～上越JCT間は連続トンネルを有し、山岳道路で日本海に面しているため、初冬期において気象急変を起こしやすい。道路管理においてはあられ発生がリスクとなり、以下の点が課題となっている。

- ・路面が悪化するあられの発生が急で、タイムリーな作業実施が困難なため、事故が多く発生する要因となる。
- ・ドライバーへの情報提供があられ発生時のため、事前の情報提供が困難である。

2-2. 平成23年度実験の成果と課題

道路管理における課題に対して、平成23年度に実施した実験により、以下の成果と課題が得られた。

<成果>

- ・独自レーダー等を用いたあられ発生予測（あられ警戒情報）のロジック化、運用化
- ・平均29分のリードタイムを確保したあられ警戒情報の提供
- ・梯団出動が可能なレベルの情報精度確保

<課題>

- ・あられ警戒情報の適中率向上に向けた、作業を必要とするレベルのあられに関する知見の収集
- ・梯団出動時間を想定した最適リードタイムをターゲットとしたあられ警戒情報提供

独自レーダーは主として2000m以下の雨雲や雪雲を捉え、6秒に1回の更新により可視化画像を確認できるため、短時間で発生するあられをもたらす積乱雲を捕捉することに非常に有効である。また、縦観測により雲の発達度合い、あられが地上付近に到達しているかどうかを低高度において確認できる。

表1 独自レーダーの特徴

	独自レーダー
観測時間幅	6秒/回 ⇒リアルタイムな実況監視で局所的・突発的な気象現象の早期捕捉に有効
データ処理・転送時間	10秒
空間解像度	数百メートルメッシュ ⇒より局所的な現象の詳細な捕捉に有効
観測高度	主に2000m以下（対流圏下層） （2000m以上も可） ⇒突発的な気象現象の発生・発達の監視に有効
観測方向	水平方向及び垂直方向 ⇒垂直方向の観測により、雪雲・雨雲の発達過程の監視に有効
観測距離	約0～50km ⇒短時間・局所的な事象に有効
監視角度	120度（1回の画像表示） （ただし、可動式の為実際は360度監視可能）
その他	・ドップラー速度により雪雲・雨雲の移動速度・方向が判る

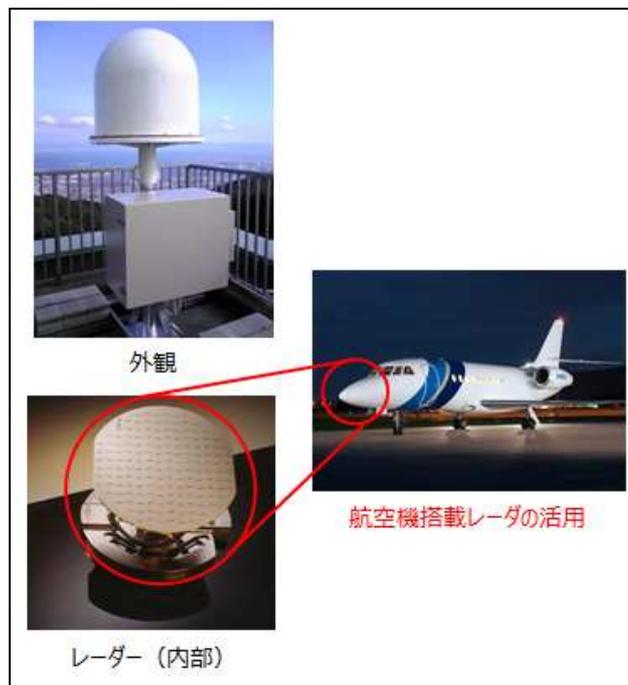


図2 独自レーダー

3. 平成24年度実験

3-1. 実験内容

平成23年度実験における課題を踏まえて、平成24年度実験においては、ターゲットとするリードタイムを15～20分とし、予測区間を追加・細分化することで、より雪氷作業に直結させるための情報提供が可能かどうかを検証する。

<予測区間>

- ・朝日IC～糸魚川IC
- ・糸魚川IC～能生IC
- ・能生IC～上越IC
- ・上越IC～柿崎IC

<期間>

- ・平成24年11月10日～平成25年1月15日

<検証事項>

- ・あられ警戒情報の精度と通知からあられ発生までのリードタイム
- ・雪氷巡回、作業との比較



図3 WNIからNEXCO上越/マテ新潟への情報提供フロー

3-2. 実験結果

あられ警戒情報発表もしくはあられ発生事例に関して、平成23年度との比較も含めて検証を行った。その結果を表2～4に示す。なお、断続的にあられが降っている場合は、降り止みから次の降り始めまでおおよそ30分以上開いた場合に別事例として扱った。

表2は、あられ警戒情報通知からあられ発生までのリードタイムである。全適中事例の平均で約31分となり、平成23年度とほぼ同等の結果であった。ターゲットとした15～20分のリードタイムより長い結果となったが、11月と12月の平均は20分前後となっており、概ね良好な成績と言える。

表2 あられ警戒情報のリードタイム

	平成24年度	平成23年度
11月平均	19分	41分
12月平均	22分	9分
1月平均	58分	-
適中事例平均	31分	29分

表3は、あられ警戒情報の精度検証結果である。あられ警戒情報を発表しあられが発生した事例を適中、あられが発生しなかった事例を空振り、あられ警戒情報を発表せずにあられが発生した事例を見逃しとした。その結果、適中が3～8事例、見逃しが8～14事例、空振りが8～10事例であった。平成23年度と比較すると、区間を細分化したことによる区間ズレもあり、適中事例数が減り、見逃し・空振り事例数が増える結果となった。適中を増やし、見逃し・空振りの低減を図ることが必要である。

表3 あられ警戒情報の精度検証結果

	平成24年度				平成23年度
	朝日～糸魚川	糸魚川～能生	能生～上越	上越～柿崎	朝日～上越
適中件数	7	3	8	6	14
見逃し件数	14	8	12	14	8
空振り件数	8	10	9	9	4
合計	29	21	29	29	26

※平成23年度：11月16日～12月31日

表4は、対象事例における雪氷巡回・作業の実施状況である。全108事例のうち25事例は、あられ警戒情報を発表し、雪氷巡回・作業も実施している。あられ警戒情報を発表したが雪氷巡回・作業を行っていないのは35事例で、これらの事例はいずれもあられを検知していないが、降雪を観測したケースもあると推測する。あられ警戒情報を発表していないが雪氷巡回・作業を行っているのは33事例、あられ警戒情報を発表せず雪氷巡回・作業も行っていないのは15事例となっている。あられ警戒情報の精度を高めることで、確実な巡回・作業に繋げることが課題である。

表4 雪氷巡回・作業の実施状況

		雪氷巡回・作業		計
		あり	なし	
あられ警戒情報	発表あり	25(24)	35(0)	60(24)
	発表なし	33(33)	15(15)	48(48)
計		58(57)	50(15)	108(72)

※カッコ内はあられ検知事例数

3-3. 事例検証

■平成24年12月31日（空振り事例）

太平洋岸の低気圧が日本の東海上へ抜け、冬型の気圧配置へと移行した。上空1500m付近の気温は-6.2℃、上空5500m付近の気温は-22.5℃で、5500m付近の気温は比較的高い状況であったが、日中にかけて-30℃前後まで低下する傾向で、大気の状態は不安定であった。

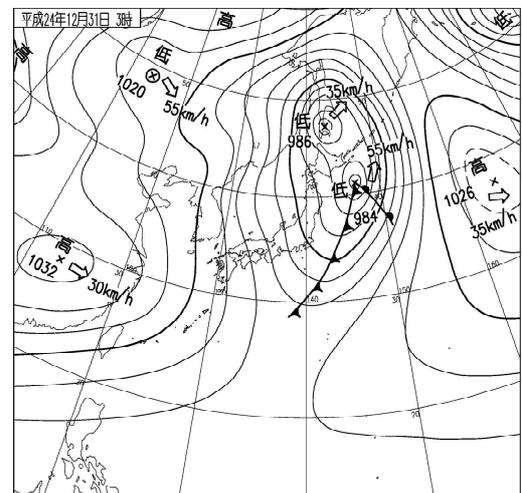


図4 実況天気図（平成24年12月31日3時）

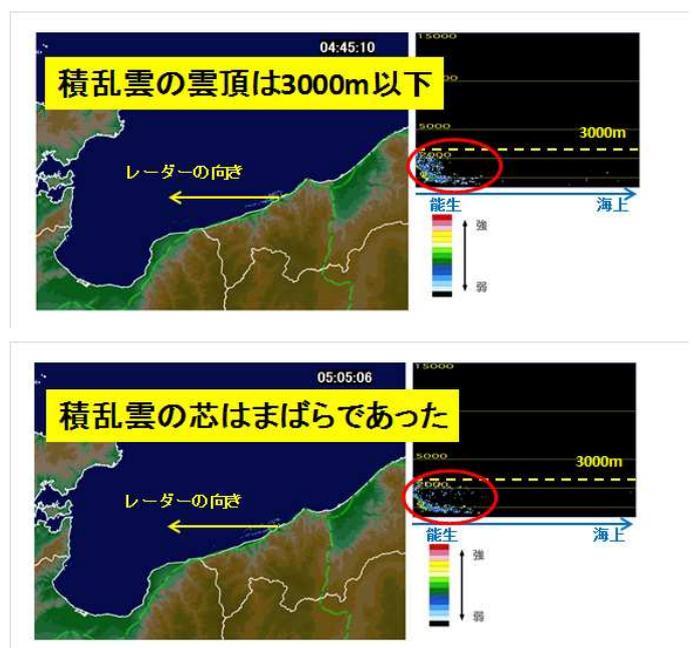


図5 独自レーダによる積乱雲捕捉状況（12月31日）

<時系列>

04:45 頃 あられをもたらす積乱雲を捕捉

05:00 頃 警戒情報発表を確定

05:05 頃 あられ警戒情報メール通知実施

<結果>

あられ警戒情報を発表するも、あられは発生せず。

<着目点>

独自レーダで捕捉した積乱雲が以下のようなケースにはあられが発生しづらいと判断する。

- ・雲頂高度が3000m以下となっている
- ・積乱雲の芯がまばらである

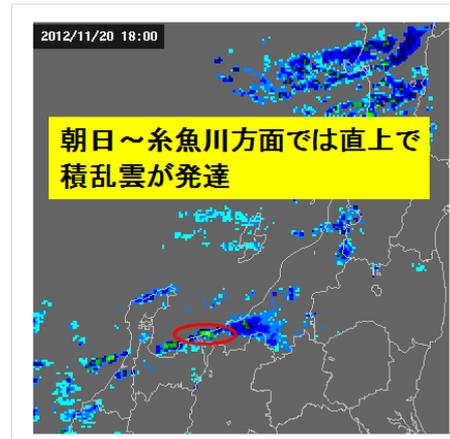


図8 気象庁レーダによる積乱雲捕捉状況（11月20日）

■平成24年11月20日（見逃し事例）

日本付近は冬型気圧配置となり、上空には寒気が流れ込んだ。上空1500m付近の気温は-4.7℃で、この時期としてはやや低めの気温であった。上空5500m付近の気温は-22.9℃で、大気の状態は不安定であった。

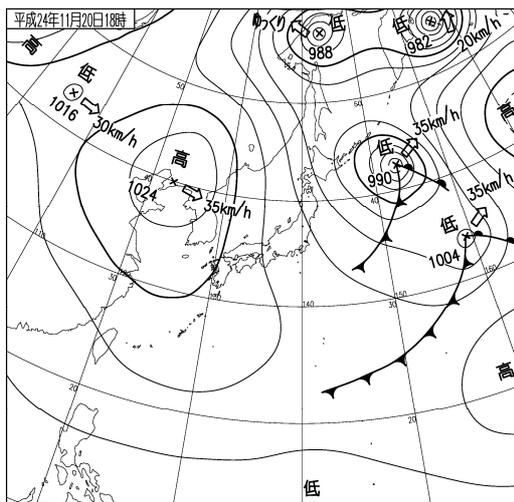


図6 実況天気図（平成24年11月20日18時）

<時系列>

18:00 頃 あられ検知

<結果>

朝日～糸魚川では積乱雲が直上発達し、あられが発生したが、あられ警戒情報は発表できず。

<着目点>

本事例と同様のケースが他にも数事例あったため、直上発達する積乱雲も海上からの積乱雲と同様に監視を強化する。

3-4. 成果と課題

本実験を通じて、以下の成果と課題が得られた。

<成果>

- ・11～12月において、20分前後のリードタイムで警戒情報を提供できたこと
- ・見逃し・空振り低減の着目点を見極められたこと

<課題>

- ・確実な雪氷巡回・作業の実施に繋がる情報提供
- ・あられ警戒情報の適中率向上に向けた、作業を必要とするレベルのあられに関する知見（気圧変化、短時間強度、路面温度、上空寒気強度の関係等）の収集

4. 次年度に向けた取り組み

平成24年度の実験においては、あられ警戒情報の見逃し・空振りが増える結果となった。雪氷巡回・作業に繋げるためにはその低減が必須となることから、次年度においては

- ・積乱雲の直上発達を捕捉するための監視方法の見直しによる見逃し低減
- ・積乱雲の雲頂高度に着目することによる空振り低減を目指すこととする。

なお、以下の点についても継続して取り組んで行く。

- ・気圧変化等に注目することによる、あられ警戒情報の精度向上
- ・独自レーダ自動解析による本線上に影響する積乱雲の特定と、移動方向、到達時間を明示するコンテンツ検討



図7 独自レーダによる積乱雲捕捉状況（11月20日）

雪氷災害ソフト対策の研究 雪氷災害発生予測システムの実用化と地域防災への適用に向けて

中村一樹*1 上石勲*1 根本征樹*1

1. はじめに

雪氷災害を防ぎ、その被害を減らすためには、雪崩や吹雪の防止柵などの設備を充実させることに加え、災害の発生に関する情報をうまく利用して適切に対応することも重要である。防災科研雪氷防災研究センター（新潟県長岡市、山形県新庄市）では、2001年度より5年間「雪氷災害の発生予測に関する研究」を行い、雪崩・吹雪の発生ならびに道路の雪氷状態の予測を行う雪氷災害発生予測システムのプロトタイプを開発した。図-1に雪氷災害予測システムの考え方を示す。

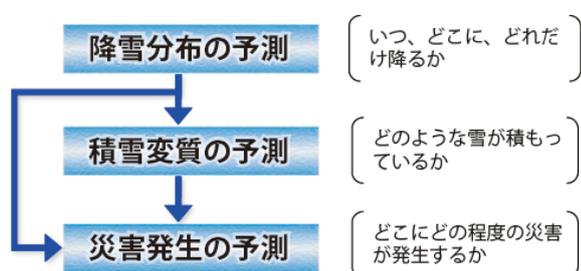


図-1 雪氷災害予測システムによる雪氷災害予測フロー

しかし、雪国に生活する人々の安全、安心にこの予測情報を役立てるためには、さらに研究を進める必要がある。また、予測情報を受けて実際に使う立場を考えた改良も必要である。

そこで、2006年度から「雪氷災害発生予測システムの実用化とそれに基づく防災対策に関する研究」を開始し、雪氷災害発生予測システムの実用化に向けた改良と、その成果を雪氷ハザードマップの作成に応用する取り組みを行っている。この研究の一環として、2006年冬より、東北、北陸地方を中心とする国、県、市の機関などと連携して、予測システムの改良のための試験運用を始めている。2010年の冬に吹雪による大規模な交通障害が発生した新潟市とは共同研究を進め、吹雪時の視程予測情報を試験的に道路管理に利用している。

2011年度からは、「高度降積雪情報に基づく雪氷災害軽減研究」を開始し、降積雪情報の高度化とリアルタイム雪氷災害予測研究に取り組んでいる。

本論文では、これまでの成果と課題を示し、今後計画している地域防災への適用について考察する。

2. これまでの成果

(1) 降雪の予測

降雪は、主に冬型の気圧配置や低気圧の通過により生じる

が、局地的な大雪や強風による吹雪は、山などの地形の影響も受けて発生している。

防災科研では、地域気象モデル（JMA-NHM）を用いて降雪の分布の予測研究に取り組んでいる。また、長岡に設置されているドップラーレーダーで降雪の状態を観測し、予測結果と比較することでモデルの改良を進めている。図-2は、風の向きに沿った雪雲が海上から陸上に侵入する時のレーダーによる観測結果と地域気象モデルによる予測結果を比較したものである。雪雲の帯状のパターンがよく対応していることがわかる。

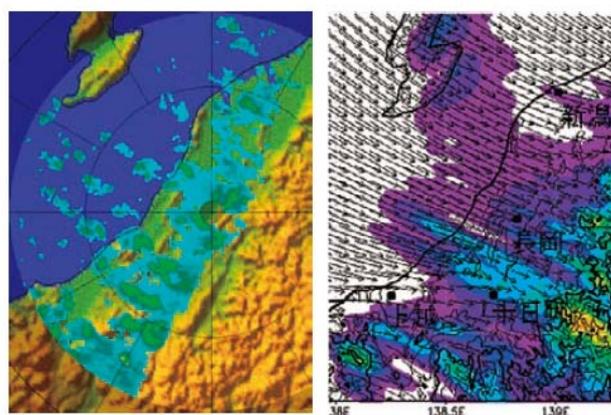


図-2 降雪分布の例（左：ドップラーレーダーによる高度1500mの観測値、右：地域気象モデルによる地上の予測値）

また、降ってくる雪には雪片（雪の結晶の集合体）やあらねなどさまざまな形態があり、その違いが雪崩の発生にも関わっている。長岡には降雪粒子観測施設があり、画像解析により自動的に降雪の形態を記録することができる。この記録とレーダーや地域気象モデルとの比較などを通じて、降ってくる雪の量だけでなく、雪の形態も正確に予測できるように研究を進めている。

(2) 積雪の予測

一度積もった雪は、時間が経つとともに結晶の形や性質が変化する。変化の仕方は積もってからの気象条件によって異なり、積雪内部に異なる性質を示す地層のような雪の層を形成する。このような積雪内部の構造や性質を予測するのが積雪変質モデルである。このモデルを用いることにより、これまでは実際に積雪を掘らなければわからなかった積雪内部の推定がある程度できるようになった。

*1 独立行政法人防災科学技術研究所 雪氷防災研究センター

図-3に積雪変質モデルSNOWPACK(例えばLehningら, 1999)による積雪内部構造の日々の変化を示す。日本で観測される積雪は、地域や時期によって水分を含まない乾いた雪や水分を含む濡れた雪までバラエティに富んでいる。このような日本の積雪に対応するため、積雪内部の水の移動などの実験を行い、モデルの改良に取り組んでいる。

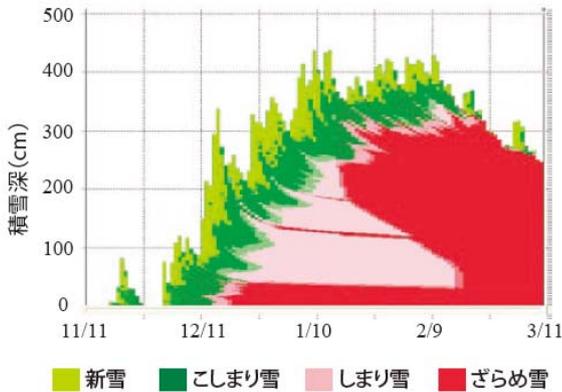


図-3 積雪変質モデルによる積雪内部構造の日々の変化
(平成18年豪雪の時の新潟県津南町の例)

(3) 雪氷災害の予測

雪氷災害の発生の有無や規模などを的確に予測するためには、そのもととなる現象を十分理解してモデル化するという作業が必要になる。防災科研には、降雪の観測施設のほかに、全国の山地に展開している積雪気象監視ネットワークがあり、降ってくる雪と積もった雪のモニタリングができる。また、新庄市にある新庄雪氷環境実験所には人工雪を作ることのできる大型の実験施設「雪氷防災実験棟」があり、任意の環境を作って雪氷現象のメカニズムの研究ができる。このような施設を活用するとともに、研究所構内で定期的に行っている降積雪の観測や災害発生時の現地調査などの結果を用いて、雪氷災害の発生モデルの開発と改良を行っている。

例えば、山岳地で発生する雪崩の原因のひとつとして、積雪がしもざらめ雪というもろい雪に変質することがある。防災科研では、低温室内で人工的にその変質過程を再現し、その途中の積雪強度の変化を表す方法を考案した。また、低温室内の風洞を使って、降雪片が吹雪発達に及ぼす影響を初めて指標化した。

図-4に、積雪変質モデルを用いて計算した秋田県乳頭温泉雪崩(2006年2月発生)の前後の積雪安定度の変化を示す。積雪安定度が低下した時に雪崩が発生したことがわかる。また、図-5に、視程(見通せる距離)の観測結果と予測結果の比較を示す(山形県庄内平野)。吹雪によって視程が悪化した状況がほぼ一致している。

今後、新庄雪氷環境実験所に、非破壊で積雪の3次元構造の撮影が可能なX線撮影装置とMRIを導入し、降雪種・濡雪に対応した積雪微細構造のモデル化に取り組む予定である。

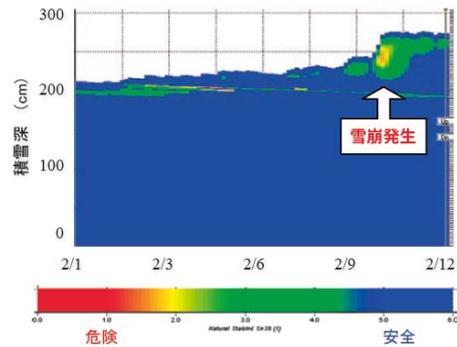


図-4 積雪変質モデルによる雪崩発生前後の積雪安定度の計算例(赤い色は安定度が小さく雪崩発生危険度が大きい)

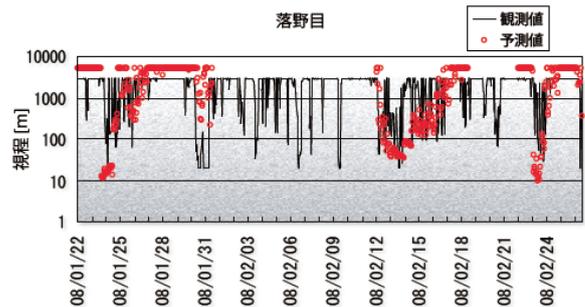


図-5 吹雪による視程悪化の観測と予測の比較
(山形県庄内平野。予測は一部の期間に対して行った)

(4) モニタリングと試験運用

積雪気象監視ネットワークによるほぼリアルタイムの観測値やドップラーレーダーによる降雪分布の観測値は、雪氷災害発生予測システムの検証のために用いられている。

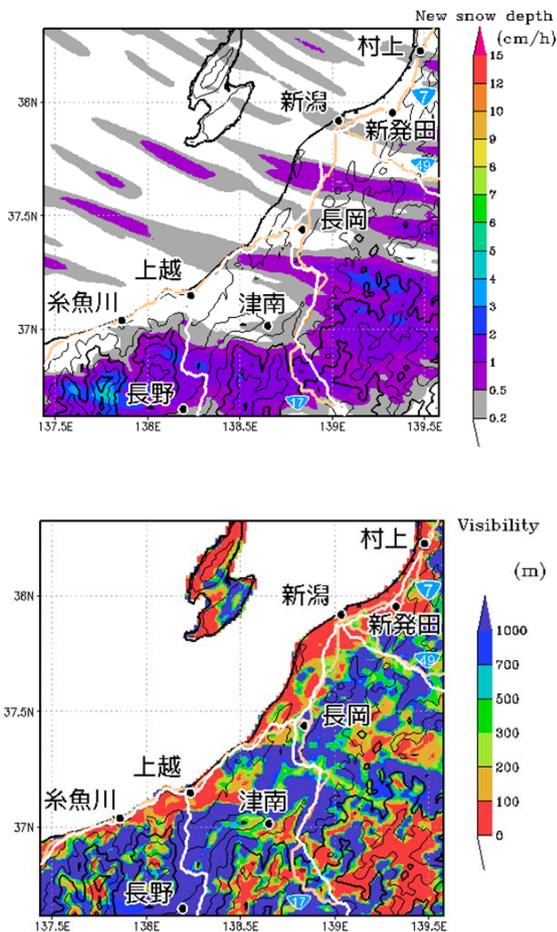
さらに試験研究機関や気象台にも提供され、それぞれ有効に利用されている。また、図-6に示すように、ホームページや携帯電話サイトを通じて、一般へも公開している。アクセス数はその日その日の雪の降り方に連動して変わり、雪に対する関心の高さが伺える。



図-6 ホームページで公開している積雪・気象データ
(<http://www.bosai.go.jp/seppyo/>)

2006年冬より、雪国の道路を管理している国、県、市などの機関と連携して、雪氷災害発生予測システムの試験運用研

究を開始した（図－7参照）。防災科研からは雪崩の発生危険度や吹雪による視程悪化の予測情報に加えて、webカメラによる雪崩の監視映像などを提供し、協力機関からは情報の有効性についての意見や、実際に情報を利用する立場からの要望などを頂きながらシステムを改良する研究である。これまでに、試験運用を通じて予測スケジュールの調整や予測内容、情報の表示方法などの改良を行ってきた。



図－7 通行止めが発生した2013年2月24日の事例の試験運用（新潟地区）における降雪量予測画面（上）と吹雪に伴う視程悪化の予測画面（下・赤い色は視程が悪いことを示す）

（5）ハザードマップの作成

雪氷災害発生予測システムを構成するさまざまなモデルは、雪崩・吹雪・融雪災害のハザードマップ作成へも応用されている。雪崩の運動モデルや高精度吹雪モデルなどを新たに開発して、雪崩の被害範囲や詳細な吹雪災害の分布が推定できるようになりつつある。いろいろな条件を考慮して作成されるハザードマップは、防災計画を立案する際有用なものになると考えられる。

現在は、時々刻々と変化する気象条件や積雪状態に対応して変化する雪氷災害の状態を把握するため、雪崩、吹雪、着雪を対象にリアルタイムハザードマップの開発に取り組んでいる。雪崩に対しては、積雪変質モデルと雪崩運動解析モデ

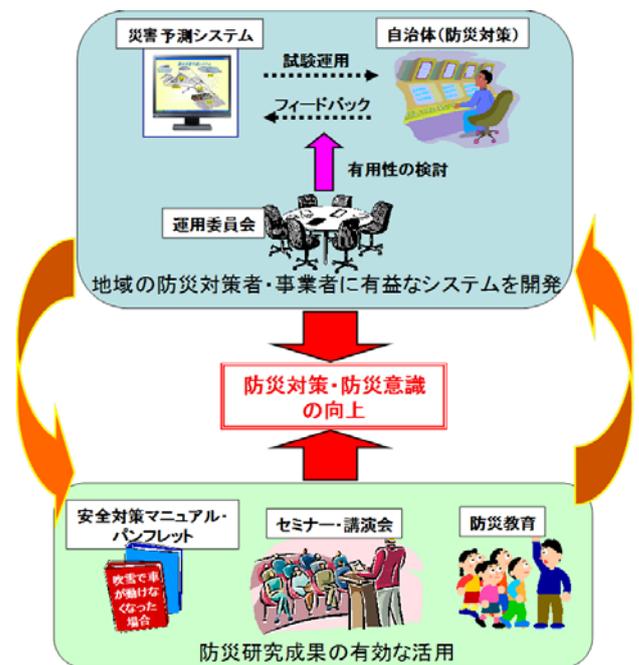
ルを結合し、雪崩の発生と到達範囲のリアルタイム予測を行う。吹雪に対しては、地域気象モデルと吹雪モデルを結合し、吹雪強度を計算して視程障害を予測するもので、積雪情報を逐次取り込み吹雪の発生条件を更新するものである。着雪に対しては、着雪災害を防ぐため、着氷実験・観測から着雪モデルを構築し、着雪リアルタイムハザードマップを開発する。

3. 今後の課題

防災科研が開発している雪氷災害発生予測システムによる予測情報は、これまで行われてきた雪対策の高度化や、施設の運用の効率化などにも役立つと考えられる。

これまで研究、開発してきた雪氷災害発生予測システムによって作りだされる様々な情報を様々な地域の防災対策へ活かすことが今後の課題であると考えている。

図－8に研究成果を活かした地域の防災の継続的な取り組みのイメージを示す。図－8に示すように、様々な防災情報、現地の状況に加え、研究成果を活かした予測情報を活用して、地域独自の防災システムの構築と運用を継続的に行うことが最終的な着地点となる。そのためには、安全対策マニュアル・パンフレットやセミナー・講演会、防災教育等を通じた防災担当者と地域住民のコミュニケーションが重要になる。



図－8 研究成果を活かした地域防災の継続的な取り組み

4. 地域防災の支援に対する共同研究による試験事例と計画

（1）共同研究による試験運用事例

新潟市で試験運用している雪氷災害発生予測システムの吹雪（視程）予測情報の活用事例を紹介する。

①試験運用の共同研究機関

- ・新潟国道事務所
- ・新潟市

・新潟県

②情報の内容

・1日2回（4時、16時）14時間先までの視程障害予測を配信

③予測情報の提供方法

・携帯メールによる「警戒」の連絡(新潟国道事務所、新潟市) (図-9 参照)

・専用ビューアによる視程予測値詳細分布 (図-10 参照)

④情報の活用方法

・パトロール及び除雪体制の構築、通行止め規制判断の支援として活用



【2011/2012冬期のメール配信基準】
 いずれかの区において「視程100m未満の面積が20%以上」が、2時間連続、または14時間のうち3時間以上と予測された場合

図-9 視程予測情報のメール通知イメージ



図-10 視程予測情報の専用ビューア

(2) 文部科学省地域防災対策支援研究プロジェクト

平成25年3月に中標津町にて暴風雪災害が発生し、5名もの犠牲者が生じた。これまでに経験の無い規模の暴風雪災害を今後防ぎ、安心安全な冬期の生活を確保することは、中標津町やその周辺の地域にとって大きな課題である。

前章で示した課題を踏まえ、文部科学省地域防災対策支援研究プロジェクトの取り組みとして「北海道中標津町を対象とした吹雪発生予測システム活用と効果的な雪氷防災対策への支援」プロジェクトを平成25～27年度の3か年度にわたり実施予定である。防災科研が新潟市で試験運用している雪氷災害発生予測システムをベースに吹雪発生予測システムを作

成し、プロジェクト終了時に町独自に活用することを目指した具体的な内容は以下の通りである。

①地域内での吹雪発生予測システム活用計画

- ・中標津町独自での運用
- ・地域報告会・運用委員会の継続実施、得られた意見を予測システムに還元
- ・使いやすい低コストの表示システム

②情報発信・普及計画

・中標津町とその周辺への吹雪予測情報公開、吹雪安全対策マニュアルの作成

③取り組みを継続させていくための工夫

- ・地域防災関連機関との情報連絡会
- ・防災担当者等にとって有用かつ扱いやすいシステムの確立
- ・啓蒙活動：地域住民の防災対策・防災意識の向上（セミナー、講演会、防災教育）
- ・吹雪観測拠点として：吹雪モデル検証・更なる高精度化

5. おわりに

防災科研が行う雪氷災害ソフト対策の研究について紹介した。防災科研が開発している雪氷災害発生予測システムは、屋根雪や着雪などが原因となる雪氷災害にも応用が可能である。また予測情報は、これまで行われてきた雪対策の高度化や、施設の運用の効率化などにも役立つ。

今後は、さらに地域の防災、減災の取り組みを支援する雪氷災害発生予測システムの実用化と地域独自の運用に向けた研究を進め、関係機関と連携しながら雪氷災害を未然に防ぐ努力を続けたいと考えている。

参考文献

佐藤 威, 2009: 雪氷災害発生予測システムの実用化に向けて 雪氷災害ソフト対策の研究開発, 防災科研ニュース“冬”, 166, 4-7.

Lehning, M., P. Bartelt, R.L. Brown, T. Russi, U. Stöckli and M. Zimmerli. 1999. Snowpack model calculations for avalanche warning based upon a new network of weather and snow stations. Cold Reg. Sci. Technol., 30(1-3), 145-157.