

北海道における道路暴風雪災害とその対策

Measures for Preventing Snowstorm Disasters on the Road in Hokkaido

萩原 亨¹

1, 北海道大学名誉教授

Toru Hagiwara¹

1, Professor Emeritus, Hokkaido University

Abstract

Snowstorm disasters are caused by factors such as poor visibility and snow drifts on the road. To manage the risks of snowstorm disasters, a risk management system has been tried out in the eastern region of Hokkaido in Japan since the 2013 winter season. The proposed risk management system includes early road closures, asking residents not to leave their homes, and so on. The results showed that the active use of risk management system, such as early road closures and restriction of residents' movement by local governments, is essential to prevent snowstorm disasters on roads. In order to continue the risk management system effectively in the future, it is necessary to involve road users, meteorological personnel, road managers, media, researchers, local governments and other parties involved in snowstorm disasters.

暴風雪災害は、視界障害や吹きだまり、あるいはそれらの複合的な相互作用によって引き起こされる。2013年度の冬期以降、北海道東部地域で、早期の通行止めや利用者の行動などを制限するリスクマネジメント対策を試みた。その結果、早期の通行止め・道路利用者自身の行動変容・地域行政による行動抑制などのリスク回避対策の積極的な活用が、道路吹雪災害の軽減には必要不可欠であることが分かった。今後も、リスクマネジメントを継続するには、道路利用者・気象関係者・道路管理者・メディア・研究者・地域行政など、暴風雪災害に関係するステークホルダーの継続した協働が大切となる。

Key Words: Snowstorm, Disaster, Risk Management

キーワード：暴風雪, 災害, リスクマネジメント

1. はじめに

冬期の北海道では台風並みに発達した低気圧による道路暴風雪災害（以降、暴風雪災害）が、ほぼ毎年のように発生している。暴風雪とは、雪を伴った強い（非常に強い）風が吹くことを指す。降っている雪に加え、道路やその周辺に積もっている雪が強い風で巻き上げられ吹雪と

なり、視界が真白となる現象（「視程障害」）が起こる。また、風で運ばれた雪が道路上にたまる「吹きだまり」が発生する。このような暴風雪による視程障害と吹きだまりによって、車両が道路上で動けなくなり、ドライバの生命が危険となる。最近では2013年3月2日(土)、北海道東部・中標津町を中心に急速に発達した強い低気圧が襲い猛吹雪となった。道路上で車両が視程障害と吹きだまりのため動けなくなり、9名の方が亡くなった（以降、2013年3月の暴風雪災害）。

暴風雪は、視程障害と吹きだまりの2つの災害誘因を持つ。災害素因は被害対象（道路利用者）の脆さ（被害ポテンシャル）であり、外力（災害誘因）に対抗する防災力とみなせる¹⁾。外力（災害誘因）が災害素因の防災力を上回ると、衝突事故、立ち往生等の暴風雪災害になる。竹内は、暴風雪災害に影響する災害素因（マイナス面の拡大要因）を詳細に検討し、主に暴風雪災害の発生と激化に焦点を置いて論じている²⁾。暴風雪時における道路利用者の災害素因には、経験・危機意識・行動変容などがある。道路自体の災害素因には、道路構造や防雪柵などの吹雪対策施設、沿道環境、冬期道路管理などがある。車両の災害素因には、車種（車高）や走行性能のほか、車両速度、交通量などがある。このとき、交通量は大規模立ち往生や多重事故など被害の拡大要因となる。

暴風雪の災害誘因（外力）を縮小することは難しい。しかし、暴風雪の接近を予測し、自治体・防災機関・地域組織・道路管理者・気象関係機関・道路利用者などが一体となって災害素因を強化することは可能といえる。本稿では、2013年に被害が大きかった北海道東部において道路暴風雪災害の予防策（災害素因の強化）として、暴風雪による被害軽減を実現するリスクマネジメントにチャレンジした成果について報告する。

2. 暴風雪災害をもたらす吹雪の気象特性

2-1 吹雪の特徴

吹雪は雪粒子が風によって舞い上がり、空中を移動する現象ある。道路とその周辺に降り積もった雪が風のために空中に吹き上げられる現象は地吹雪と呼ばれる³⁾（以下、吹雪は降雪に地吹雪を含んだ現象とする）。吹雪により、視程（水平方向での見通せる距離³⁾）が悪化する視程障害⁴⁾と、飛雪が移動を停止してできた雪の堆積である道路上の吹きだまり⁴⁾の2つの災害誘因が同時に進行する。吹雪は、風が強く気温が低いほど発生しやすい。しかし、地吹雪となる条件は複雑であり⁵⁾、不確定要素が多い。

2-2 視程障害

吹雪による視程は、短い時間であるいは少しの場所の違いで大きく変化する。沿道環境により局所的に吹雪が発生しやすい箇所があると、一瞬で視程障害に陥る場合がある。竹内は、視程を低下させる雪の移動量は時間変動幅の大きい風速や降雪量に連動し変化するため、吹雪時の視程は大きく変化することを示した⁶⁾。石本は、吹雪時の視程は周期が短く大きな変動幅で変動するのが特徴であることを示した⁷⁾。同じ気象条件でも道路では沿道環境（地形、植生、土地利用、雪堤、道路構造など）によって、飛雪粒子の移動量が変わり、それに伴って視程も変わる。そのため、数百mあった視程が一瞬にしてホワイトアウトになることも稀ではないことが示された。これらの研究以降、さまざまな調査研究がなされた。しかし、いつどこでどの程度の視程障害となるかを定量的かつ的確に知ることは難しい課題として現在も残っている。

2-3 吹きだまり

吹雪になることで、短時間に降雪の数倍の量の雪によって形成されるのが道路上の吹きだまりである。星野らは、北海道中標津町の道道、上武佐計根別停車場線における道路センター付近の吹きだまりの深さ（路側の固定式視線誘導柱に取り付けた光学式積雪深センサーにより計測）と、計測地点にもっとも近い上標津アメダスデータから推算した吹雪量の推移を計測した⁸⁾。2015年2月14日日中の道路上の雪の深さは2~3cmだったが、22時以降、本格的に吹雪となってから5時間ほどで、道路センター付近の吹きだまりの深さは約150cmに達した。なお、2月15日3時以降、吹きだまりの深さは増えなかった。これは吹きだまりが平衡状態に達し、吹雪が続いても雪が溜まらず、一定の状態を保っていたためと言えた。吹きだまりの要因となる吹雪、特に地吹雪の予測にはまだ技術的課題があるため、いつどこでどの程度の吹きだまりが形成されるかを定量的かつ正確に把握することは難しい。

3. 暴風雪災害のリスクマネジメント

3-1 リスクマネジメント

リスクマネジメントとは、リスクを組織的に管理しリスクによる損失の回避または低減を図る仕組みとされている⁹⁾。事前に起こりうるリスクの程度を予測し、あらかじめ対策を講じることにより、リスクによる損失を最小限に抑えることを目的としている。このリスクマネジメントの考え方を、暴風雪災害に適用し、暴風雪による道路被害を最小限に抑える対策を実施した。暴風雪災害のリスクマネジメントは、地域における暴風雪を気象情報から予測し、それにより起きる視程障害および吹きだまりによるリスクを評価し、あらかじめ通行止めなどの対策を講じることで、暴風雪による損失を最小限とする仕組みである。

3-2 気象情報（暴風雪警報）をトリガーとした通行止めの実施（リスク回避）

視程障害や吹きだまりの影響を小さくする災害素因の強化対策として、道路構造による対策（防雪盛土、防雪切土など）のほか、古くから、防雪柵、防雪林、視線誘導施設などの吹雪対策施設によるハード対策が行われてきた¹⁰⁾。また、吹雪時の道路上の吹きだまりを排除雪することによる走行環境の確保や、吹雪発生状況を把握し通行止めの判断材料とするための道路パトロール強化も災害素因の強化策として挙げられる。道路利用者（ドライバー）に関しては、冬道の運転技能や経験のほか危機意識の保有がある。道路利用者自身が吹雪災害リスクを理解し、立ち往生した際の防寒用品やスコップなど非常用備品を携行することなどが対策として挙げられる。

しかし、暴風雪が広域となりその規模が大きくなると、前述の災害素因の強化では不十分となる。また、過去の暴風雪災害の事例から分かるように、視程障害と吹きだまりがいつどこで発生するかを正確に検知し、予測することは難しい。加えて、豪雨時の時間降水量のようなリスクを評価するハザード指標が暴風雪時にはない。道路上の吹きだまり量がハザード指標と考えられるが、これを現在の技術では的確に把握できない。これらの理由から、2013年3月の暴風雪災害以降、2013年度冬期（2013年11月から2014年3月まで）から低気圧に関する気象情報を活用し、北海道東部において主に暴風雪警報の発表をトリガーとした通行止めを用いたリスクマネジメントを行った。これは、北海道庁による道路管理に関する検討委員会（2013年度と2015年度）による提言を踏まえたものである。

3-3 暴風雪時の早期通行止めの成果

北海道東部では、2013年度冬期（2013年11月から2014年3月まで）から暴風雪警報の発表をトリガーとした早期通行止めが実施されるようになった。その後、複数回の暴風雪がこの地域で発生し、その度に広範囲の通行止めが実施された。しかし、早期の通行止めなどの災害素因の強化により暴風雪による人的被害は、この地域では発生しなかった。

2014年2月16日から19日にかけて、2013年3月の暴風雪災害とほぼ同じ北海道東部を中心とした地域が猛吹雪となった。2013年3月と2014年2月の暴風雪は、気象の特徴に違いはあるものの、共に発達した低気圧による吹雪で、災害をもたらすポテンシャル（災害誘因）は同程度であった¹¹⁾。2013年3月の暴風雪災害では人的被害や多数の立ち往生車両など大きな被害があった。しかし、リスクマネジメントの実施により2014年2月の暴風雪ではそうした被害はほとんどなかった。この背景には、気象機関や行政からの早期の注意喚起情報の提供と道路利用者の危機意識の向上に加え、従来よりも早い段階での通行止めにより、リスク回避を徹底したことが被害を軽減できた要因として報告されている¹²⁾。

3-4 暴風雪時のリスクマネジメントに関する地域住民の評価

川崎・萩原らは、2014年度から2016年度の暴風雪後、北海道東部地域で地域住民を対象としたアンケート調査を行った^{13),14)}。アンケート結果から、地域住民は暴風雪時にほとんど外出していなかった。風雪前の準備で自宅に食料・日用品を備蓄したという回答が多かった。外出できないことを考え職場などに連絡した、車内に毛布・水・ガソリンなどを準備した回答も多くみられた。暴風雪前に特に何もしなかったと回答した人の割合は全体の20%程度となり、暴風雪に備え準備する行動を多くの住民が行うようになってきていることが分かった。暴風雪時の暴風雪に関する情報入手方法は、TVが最も多くなったが、インターネット・ラジオ・新聞・SNSなどを挙げた方も多く、最近になるにしたがって多様化していることが分かった。

2016年度において通行止めの開始タイミング、解除タイミング、規制範囲、通行規制の効果、通行止め情報などに関する質問を行った。通行止めの効果は約9割の方が認めており、解除について遅すぎるが若干高くなった以外、概ね通行止めを妥当とする評価となった。また、暴風雪時における私用による外出、仕事による外出のそれぞれにおいての質問したところ、仕事による外出のほうが影響を受けた回答者の割合が多くなった。ヒアリングを行った関係者からも、特に仕事において通行止めによる影響は大きいとのコメントが多かった。

3-5 暴風雪時における地域住民のリスク回避行動

川崎らは中標津町における暴風雪時の危機意識の高まりと行動変容を明らかにした¹³⁾。2014年度冬期から2016年度冬期にかけて何度も爆弾低気圧が同地域を通過したが、大規模な災害に至ることはなかった。しかし、地域住民の危機意識の高まりは検証されたが、それが災害リスク回避行動につながったかどうかの検証はなされていない。そこで、萩原らは、中標津町とその周辺地域における通行規制を伴う暴風雪時を対象とし、最初に携帯電話の位置情報による「モバイル空間統計」と「混雑統計」から交通行動を分析し、暴風雪時の交通行動が中止されていたかどうかを検証した¹⁴⁾。

その結果、中標津町の中心地の滞在人口の増減から、暴風雪時において中標津町中心地と周辺地域の移動が大幅に減少することが分かった。また、中標津町中心地を取り囲むように設定したスクリーンライン（断面）における移動数も、暴風雪時に大幅（80%減）に減少した。以

上から、中標津町とその周辺の住民は暴風雪による災害リスクを交通行動の中止並びに暴風雪に備える交通行動によって回避していることが明らかとなった。

3-6 リスクコミュニケーション（リスク共有）

川崎・萩原らは、2013年3月の暴風雪災害によって、住民と行政のそれぞれの立場において暴風雪に関するリスクを共有することにより、暴風雪時の行動と意識が変化し、2013年度冬期以降の暴風雪被害の軽減に繋がったことを実証した^{13),14)}。アンケート調査から2013年3月の暴風雪により大きな被害を受けた中標津町では住民の危機意識が高まり、リスク回避に関する行動を自ら積極的に行うという変化が強く見られたことが示された。また、地域住民は、2013年度の冬期以降、暴風雪時において新しく行われたリスクマネジメント（早期の通行止めなど）の対策を抵抗なく受け入れていた（リスク受容）。ヒアリング調査から、2013年3月の暴風雪災害を受け行政および道路管理者は討議と協議を重ね、暴風雪に関する危機対策を2013年夏期に立案し、それらを冬期前に実行した。これらが、行政関係および住民のリスクに関する危機意識の高まりと結びついたことで、暴風雪災害に関するリスク共有を可能にしたといえる。それぞれの立場を超えたリスク共有によって2013年冬期以降に発生した暴風雪による被害の軽減に大きく貢献していた。

これらの結果から、暴風雪による災害を抑える防雪柵など施設整備による対策も重要であるが、関係機関の連携の高度化・情報の伝え方の工夫・住民との協働強化などのリスクマネジメント対策でも減災に大きな効果を与えうることが実証された。暴風雪災害は、広範囲で発生するため、単独の行政の管轄を超えてしまう場合が多い。長坂らは、被害の最小化にするため、横断的に地域組織や住民とのリスク共有を行うことが必要となることを指摘した¹⁵⁾。また、長坂らはリスク共有においては災害リスク情報の多元性と横断的共有がまず重要と指摘している¹⁶⁾。2013年度の冬期以降の暴風雪時においては中標津町が予め暴風雪のリスク共有を働きかけるなど大きな役割を担っていた。広域にわたる暴風雪時には、暴風雪に関する災害リスク情報をわかりやすい形に変え、住民が受け取りやすいものにすることでリスクを自発的に回避することが実現出来た。

4. まとめ

本稿では、暴風雪災害の外力である誘因の特徴は時間変動の激しさと局地性で、これが予測の困難さにつながり、暴風雪災害発生の大いなる要因になっていることを最初に明らかにした。次に、災害誘因と災害素因の関係から、暴風雪のリスクに対応するためには、早期の通行止めや運転中止などのリスクマネジメントが鍵となることを示した。道路吹雪災害において、ハード対策や冬期道路管理などのリスク低減対策はコストが高く、事象の発生頻度を考慮すると、これだけに頼るのは現実的ではない。暴風雪時のリスクマネジメントを社会で実現し、災害の被害を軽減し続ける必要がある¹⁷⁾。以下に、リスクマネジメントに関係する各ステークホルダー（道路利用者、気象機関・メディア、道路管理者、専門家、地域行政）が、今後も取り組むべき方向性を簡単にまとめた。

- ・道路利用者（地域住民）はメディア等から流れてくる情報を漫然と受けるのではなく、積極的に入手した情報を適切な行動につなげる情報リテラシーの向上が求められる。

- ・気象機関やメディアには単に暴風雪に関する気象情報を伝えるだけでなく、道路吹雪災害

となる可能性が高い地域はどこなのか、その被害規模はどの程度なのかなど具体的な情報を発信することが求められる。加えて、道路吹雪災害が起きた後は、短時間で災害を収束させるための情報を社会に伝える役割を期待したい。

- ・道路管理者は、将来的な人員減に備え、地域の吹雪事情に通じたベテラン実務者の経験と暗黙知を、形式知化するシステムが必要となる。

- ・雪氷、気象および工学の専門家においては、地域行政と道路管理者などが活用できる吹雪の誘因に関する有用な情報を平常時から提供し、科学的知識を浸透させる活動が求められる。

- ・地域行政には、地域防災に関する行政間の意思疎通を行い、道路利用者への情報伝達を強化しつつ、道路暴風雪時の行動抑制などを実現するリスクコミュニケーションを強化する役割を期待したい。

暴風雪に関係する各ステークホルダーが、暴風雪に関するリスク対応レベルを向上することで、暴風雪という複雑な物理現象による外力に対して社会全体の対応力が向上し、道路暴風雪に強い社会の実現につながる。2013年3月の暴風雪災害以降、道東地域に発生した暴風雪時において、リスク回避がうまく機能し小さい被害に留まった背景には、甚大な被害の記憶が作用していたことを、萩原らは指摘した¹⁴⁾。暴風雪の発生状況は冬によって異なり、顕著な暴風雪のない年も多い。過去の暴風雪災害の記憶に頼ることなく、各々のステークホルダー間のリスクコミュニケーションを維持していくことが重要である。そのため、前述したような暴風雪災害リスクに対応する行動を各々のステークホルダーが継続して実施し、それらの検証と改善策の提案を地域行政が主体となり展開していく必要がある。

5. 謝辞

最後になりますが、長期間に渡りアンケート調査、ヒアリング調査に快く対応いただいた中標津町の皆様および行政の関係者の方々に深く感謝申し上げます。

6. 参考文献

- (1) 内閣府：内閣府防災情報のページ／防災に関する人材の育成・活用／防災に関する標準テキスト／第1章知識編, 218p., 2022年6月30日。
- (2) 竹内政夫：吹雪とその対策(4), 吹雪災害の要因と構造, 雪氷, Vol.64, pp.97-105, 2002.
- (3) 気象庁：気象庁が天気予報等で用いる予報用語,
https://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/yougo_hp/mokuji.html, 2022年6月20日。
- (4) 日本雪氷学会編：新版雪氷辞典, 古今書院, 307p., 2014
- (5) 武知洋太・川中敏郎・松澤勝・金子学：地吹雪発生時の気象条件に関する調査, 寒地土木研究所月報, No.719, pp.42-49, 2013.
- (6) 竹内：吹雪とその対策(2)-吹雪と視程-, 日本雪氷学会誌 雪氷 61巻4号, pp.303-310, 1999.
- (7) Ishimoto K.: Studies on the visibility fluctuation by airborne snow particle, 開発土木研究所報告, 107, 1995.
- (8) 星野ら：道路カメラ画像および GPV 気象予報にもとづく道路構造・沿道環境を加味した吹きだまり深さ予測技術の開発, 寒地技術論文・報告集, Vol.32, pp.105-110, 2016.
- (9) 日本規格協会：リスクマネジメントシステム構築のための指針, 108p., 2003.

- (10) 道路吹雪対策マニュアル（平成 23 年改訂版）、国立研究開発法人土木研究所 寒地土木研所寒地道路研究グループ 雪氷チーム、2011.
- (11) 松岡直基・萩原亨・金田安弘・川村文芳・中林宏典・永田泰浩：北海道における 2013 年と 2014 年の吹雪災害の比較，北海道の雪氷，No.33，pp.27-30，2014.
- (12) 古谷利章・福田悟史・上野正和：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，ふゆトピア研究発表会論文集，pp.1-6，2014.
- (13) 川崎ら：暴風雪時の住民の意識と行動の変容に関する実証的研究、土木学会論文集 D3（土木計画学），Vol.72，No.5（土木計画学研究・論文集第 33 巻），I_139-I_147，2016.
- (14) 萩原ら：暴風雪時の通行規制による減災効果と地域社会への影響に関する研究、土木学論文集 D3（土木計画学），Vol.74，No.5（土木計画学研究・論文集第 35 巻），I_55-I_63，2018.
- (15) 長坂俊成，臼田雄一郎：リスクガバナンスを支える災害リスク情報プラットフォーム，日 リスク研究学会誌，Vol. 19，No.3，pp. 67-74，2009.
- (16) 長坂俊成：災害リスクガバナンスに基づく防災研究の新たな課題，科学技術動向，No. 81，pp. 23-34，2007.
- (17) 金田ら：道路吹雪災害の発生機構と減災に向けたリスクマネジメントの適用、自然災害科学 J. JSNDS 41 特別号 187-201（2022）