

道路吹雪対策マニュアルの改訂について（その1）

防災雪氷研究室

1 はじめに

北海道開発土木研究所では、平成12年より北海道開発局の委託を受け「道路吹雪対策マニュアル(案)」(以下、旧マニュアル)の改訂作業に取り組み、平成15年7月に完成を見ました。改訂したマニュアルは、広く道路技術者の方に利用して頂けるよう、当所のホームページ(<http://www.ceri.go.jp>)で「道路吹雪対策マニュアル」(以下、新マニュアル)として、公開しております。

公開以来、3編あわせて2400件余りのダウンロードが行われ、マニュアルの内容に関する問い合わせも幾つか頂いております。

そこで内容を2回に分け、改訂点を中心に解説いたします。

2 改訂の経緯

旧マニュアルである「道路吹雪対策マニュアル(案)」は防雪柵編、防雪林編の2編に分かれ、平成2年3月に(株)北海道開発技術センターより出版されておりました。このマニュアルは吹雪対策施設設置に当たってのガイドラインを作成するため、北海道開発局内に「克雪・冬みちづくり研究会」が組織され、検討が行われた成果として発刊されたものです。

旧マニュアルは吹雪対策施設に特化して林(柵)の選定、計画、設計、施工、維持管理に至るまで一連の一般的基準が詳述されています。旧マニュアルの発刊後、防雪林や防雪柵の整備は飛躍的に進み、道内の幹線道路における吹雪対策施設の整備において、マニュアルは基本的な参考資料として活用されてきました。

しかしながら、刊行後10年以上が経過したことにより、この間

- (1) 防雪対策施設の整備が充実し、新たな調査事例や研究成果の蓄積が見られる。
- (2) 除雪能力の向上に伴い、視程障害の防止に吹雪対策の重点が置かれるようになった。
- (3) 道内でも高規格幹線道路の整備が本格化し、規格の高い道路構造や高盛土構造に対応する必要性が生じた。
- (4) 建設コストや環境に対する住民意識の変化(向上)

がみられる。

- (5) SI単位系の移行など防雪工学を取り巻く環境に変化がある。

ことなどにより、実状に即し新たな視点から防雪対策を見直す必要性が高まってきました。

一方で旧マニュアルは、防雪対策の必要な箇所の選定手法、各対策施設の選定や施工に至るまでの雪氷調査法、それに必要となる資料等を記載する予定であった共通編が未刊行のままでした。

そこで旧マニュアルの改訂に当たっては、防雪林編・防雪柵編の既存2編の経時的改訂に加えて、吹雪対策全般について記述した共通編を新たに作ることにしました。

まず改訂に先立ち、平成12年度～13年度にかけて、共通編に記載する内容の整理及び既存2編の改訂ポイントの抽出を設計コンサルタント、メーカーからのアンケート、行政機関等からのヒアリング、各種担当者会議等での議題、専門家による会議等を通して行い、広く意見を集めました。

これらから得られた、道路吹雪対策上の課題は

- (1) 吹雪対策全般の評価や施設選択方法が明らかでない
- (2) 道路構造による対策である防雪盛土、防雪切土、緩傾斜盛土についての記述がほしい。
- (3) 防雪柵のうち、吹き止め柵の設計方法について説明がほしい。
- (4) 防雪林の構成と管理についての記述が必要などでした。

(なお、これらアンケートについての詳細は、第45回北海道開発局技術研究発表会ⁱ⁾で報告しています。)

改訂にあたっては、新たな調査によって必要となる基礎資料を得るのではなく、既に調査・研究され、発表された成果を基にまとめることを基本にしました。そこで広く収集するため、北海道開発土木研究所の成果に加え、他の研究機関や大学等の成果も調査しました。特に旧マニュアル発刊時の平成2年以降の研究成果の收拾に努めました。また、既存の知見が得られなかった課題については、一部観測結果等からの再解析を行っています。

さらに内容については、技術的見地から専門家の意見を
得るため、日本気象協会北海道支社技師長(設立時)の竹内政夫氏ほか6名の委員で構成した吹雪対策技術検討会(表1)において、平成12年～15年にかけて延べ9回の検討会を持ち、その内容検討あるいは助言をいただき、改訂内容に反映しました。

表1 吹雪対策技術検討会の構成メンバー(敬称略)

	氏名	所属
座長	竹内 政夫	(財)日本気象協会北海道支社/株雪研スノーイーターズ
	石本 敬志	(社)北海道開発技術センター/(財)日本気象協会北海道支社
	苫米地 司	北海道工業大学建築工学科
	斎藤新一郎	専修大学北海道短期大学
	坂本 弘志	北見工業大学機械システム工学科
	加治屋安彦	北海道開発局開発土木研究所

在任中に所属が変わられた方は併記しています。

3 共通編の新設

本章では、新しく作られた共通編の内容について解説します。(防雪林編、防雪柵編は次回記述します。)

旧マニュアルの防雪林編、防雪柵編は個別施設について記述したのですが、新マニュアルの共通編は吹雪対策全般の考え方や基準を記述したものです。

その内容は、既存2編の考え方を包括したもので、吹雪対策全般の考え方、吹雪危険度の判定、吹雪対策計画の策定手順、対策施設の選定法及び関連する参考資料からなっています。

3.1 吹雪危険度の判定

吹雪対策の立案に当たっては、まず吹雪対策の必要な区間の絞り込み、対策の優先付けを行う必要があります。そこで主に既存資料を活用することによって、調査に大きな時間・労力を伴うことなく簡便に評価できるよう考案した吹雪危険度の判定法ⁱⁱ⁾を掲載しました。

この判定法は、道路の吹雪対策が必要な区間を選定するために道路計画決定プロセスの早い段階(概略設計等)で用いることを意図して作っています。

北海道において用いられた既往の吹雪危険度評価手法には、「道路防災工調査、設計要領ⁱⁱⁱ⁾」、「道路防災総点検要領^{iv)}」の2資料がありますが、当時とは吹雪対策の目的に変化があることや、新規路線を対象としていないため、新たな評価法を作成する必要があります。

今回の改訂にあわせて作成されたものです。

この評価で必要となる基礎資料は表2のとおりです。

表2 吹雪危険度評価に必要な指標

吹雪量(30年確率値)
主風向と道路の角度
最深積雪深(30年確率値)
風上側の樹林帯、連続した家屋、市街地の幅
盛土の高さ
路側の堆雪スペース
風上側平坦地の長さ
法勾配(切土・盛土)
吹雪頻度(平年値)
降雪量もしくは最深積雪深
中央分離帯・道路照明の有無
地形の急変箇所
曲率半径
特殊箇所(地形の急変、トンネル坑口、橋梁端部、立体交差部)
吹雪による通行規制回数
視界不良事故などによる事故件数
維持管理上の障害状況

このうち吹雪量は防雪柵周りなどの吹きだまり量により計測することが多いと考えられます。吹きだまり量、最深積雪深、吹雪頻度については新マニュアル付録の図面から読み取ることが出来るようになっており、ほかの項目は概略設計等の平面図、横断図、維持管理記録から分かる項目となっています。

新たな危険度評価では吹雪危険度を吹きだまりの発生危険度と視程障害の発生危険度に区分して評価できるようにしています。図1は吹雪危険度評価フローです。これにより、吹雪対策に合致した対策工の選定が行えます。

危険度の判定は「要因」による点数と当該路線で発生した交通事故等の「履歴」による点数との合算によって行うこととなります。実際の交通事情を加味することによって、「要因」分析項目以外による影響等をいくらか盛り込み、より客観的な危険度評価が出来ると考えています。新規路線等で履歴記録がない場合は「要因」のみで評価することとなります。

なお、吹雪状況の把握や特異要素の抽出のため、必ず現地踏査は行き、現地状況を確認した上でこの判定法を利用して頂きたいと考えています。

1. 要因

【吹きだまり要因】

●危険要因

(1) 主要因 (気象条件)

項目	基準値	評点
吹雪量	20m ³ /m以上	3
	30m ³ /m以上	6
	40m ³ /m以上	9
主風向と道路の角度	30°未満	1
	30°~60°	2
	60°以上	3
最深積雪深	50cm以上	2
	100cm以上	4
	150cm以上	6
合計 (D1)		

○安全要因

項目	基準値	評点
風上側の樹林帯、連担した家屋、市街地	幅10m以上	4
盛土高さ	幅30m以上	6
路側の堆雪スペース	最深積雪×1.3以上	3
	あり	3
合計 (S1)		

(2) 拡大要因 (周辺環境・道路構造)

項目	基準値	評点
風上側平坦地の長さ	平坦地あり	3
	100m以上	6
	300m以上	9
切土のり勾配	1:3未満	3
合計 (D2)		

D1-S1

D1-S1 > 0ならば、(D1-S1) + D2

D1-S1 ≤ 0ならば、D1-S1

Pfb

【視程障害要因】

●危険要因

(1) 主要因 (気象条件)

項目	基準値	評点
吹雪頻度	20日/年以上	3
	30日/年以上	6
	40日/年以上	9
降雪量 (最深積雪)	200cm未満 (80cm未満)	3
	200cm以上 (80cm以上)	6
	300cm以上 (140cm以上)	9
合計 (D1)		

○安全要因

項目	基準値	評点
風上側の樹林帯、連担した家屋、市街地	断続的にあり	2
中央分離帯	幅10m以上	4
道路照明	幅30m以上	6
	あり	3
	あり	3
合計 (S1)		

(2) 拡大要因 (周辺環境・道路構造)

項目	基準値	評点
地形の急変箇所 (切盛境、沢筋など)	小規模または部分的	2
	大規模または連続的	3
盛土のり勾配	1:2未満	3
カーブ区間 (曲率半径)	あり	1
	200m未満	2
	100m未満	3
トンネル坑口、橋梁端部、立体交差部	あり	3
合計 (D2)		

D1-S1

D1-S1 > 0ならば、(D1-S1) + D2

D1-S1 ≤ 0ならば、D1-S1

Pfv

Pf

P

2. 履歴

項目	基準値	評点
吹雪による通行規制回数	1回/数年	3
	1回程度/年	9
	数回/年	15
視界不良事故など事故件数	1件/数年	2
	1件程度/年	6
	数件/年	10
維持管理上の障害状況	1回/数年	1
	1回程度/年	3
	数回/年	5
合計 (C1)		

図1 吹雪危険度評価フロー

3.2 吹雪対策計画の策定手順

これまで吹雪対策施設の検討や整備は道路の工事段階もしくは供用後の障害状況を見ながら、行われることが多くありました。しかし、この段階での検討や整備では風向等の気象環境や沿道の土地利用などの制約条件により対策施設を整備することができなかつたり、

あるいは最も確な対策施設を選択できないこともあります。また詳細設計時での工法選択には用地などの制約があり、必ずしも効率的、経済的な吹雪対策施設の整備とはならないこともあります。

これらは、吹雪対策施設の検討が道路設計上のプロセスに組み込まれていなかったことも一因であると考え

えられます。そこで、「道路工事設計施工要領」^v)にあわせ、実際の道路設計の時系列で必要な調査や検討項目を再整理しました。道路概略、予備、詳細の各設計段階にあわせて、概略調査、予備調査、詳細調査を定義しました(表3)。

概略調査は、新規路線の吹雪対策計画において最初を実施する調査です。全道吹きだまり量分布図^{vi})等の既存気象資料や近隣路線の過去の吹雪災害資料を収集し、冬期の気象状況を把握するとともに吹雪危険度を概略的に把握します。これを基に、吹雪対策の必要性の有無について検討し、吹雪危険地帯を回避したり、自然林の防雪機能を生かせるようルート選定に反映させることが目的です。最も安全で、確実な吹雪対策は吹雪地帯を回避する方法です。

予備調査は、新規路線建設においてルート確定時から航空測量による地図を用いた予備設計時にかけて実施します。

気象統計、環境条件や道路構造等の吹雪に関する資料収集、定点気象観測等を実施することにより、吹雪危険度及び吹雪対策工の必要度を評価し、吹雪対策工を決定します。

吹雪対策に必要な用地幅はこの段階で検討し、設計に反映します。用地幅の確保は吹雪対策を現実的に考

える上では、非常に重要な要素となっており、後段階での変更は地域住民の同意が得づらく容易ではありません。

既存路線調査では、新規路線での調査項目に加え、吹雪時の通行止めや事故、道路パトロールの記録を整理し問題点を抽出します。防雪林の施工にあたって、特に強風地帯では防風柵や保護林設置のために通常の幅以上に用地が必要となることもあります。吹雪対策工として防雪林が考えられる場合は通常必要となる用地幅だけで成林するか否かを判断するため、現地踏査による周辺の既存樹林生育現況調査を実施する必要があります。

詳細調査は、新規路線では路線測量時から道路完成時にかけて、既存路線では吹雪対策計画策定時から対策工整備時にかけて実施します。

吹雪対策工整備区間を決定して、予備調査で選定された対策工法を最終確認し、対策工の各種設計値を決定することが目的です。

現地での詳細な吹雪状況の把握を行い設計値に反映します。また、対策工として防雪林を選定する場合は、生育環境整備に係わる諸条件を把握するために、現地で生育環境条件整備調査を実施し、造成方法等を決定します。

表3 吹雪対策計画の策定手順

調査名	調査の主要目的	実施時期		調査・設計との対応
		新規路線調査	既存路線調査	
概略調査	冬期気象状況把握 吹雪危険度概略把握 吹雪対策の必要性有無検討 吹雪を回避したルート選定	整備計画策定時～ 概略設計(1/2,500)実施時	-	概略設計 吹雪対策の必要性有無 ルート選定
予備調査	吹雪状況把握 吹雪危険度評価 吹雪対策の必要度評価 吹雪対策必要区間の抽出 吹雪対策工の決定 防雪林用地幅の算定	ルート確定時～ 空測予備設計時	問題発生時～ 吹雪対策計画策定時	予備設計 用地幅算定 本線の工法 (切土、盛土等)
詳細調査	吹雪対策工の確認・修正 吹雪対策区間の決定 対策工の設計値決定 防雪林整備区間の生育環境条件整備要件把握	路線測量後～ 道路完成時	吹雪対策計画策定後 ～対策工整備時	予備設計、実施設計 付帯構造物決定 吹雪対策工設計値決定 用地幅決定
追跡調査	吹雪対策工の効果検証 吹雪対策工の費用対効果把握	供用後	吹雪対策工整備後	吹雪対策工の改修 吹雪対策計画の修正

追跡調査は維持管理段階の調査で、防雪効果把握調査と整備効果調査の2つが含まれます。

防雪効果把握調査は、整備された吹雪対策工の効果を検証するのを目的に実施する調査です。通行止めや事故などの実際の吹雪障害の記録を逐次整理するほか、状況に応じて現地踏査、気象観測などを実施します。防雪林を整備した場合は、生育状況を継続調査するとともに、生育段階によって林況調査、伐木選定調査などを実施します。

整備効果調査は、吹雪対策工整備の投資に対し、どの程度効果があったのかを把握する費用対効果算出を目的とした調査です。

これら各道路建設段階での調査項目について記述した新マニュアルの活用により、防雪対策の効率的、経済的な検討が行えるようになって期待しています。各調査の詳細な要件や道路設計との関係を示す図等は新マニュアルに載せていますので参考にして頂ければと思います。

3.3 対策施設の選定法

個々の施設(たとえば防雪林)を適用できる条件などは旧マニュアルでも記述していました。しかし、どのような場所にどういった吹雪対策施設を選定すべきかという、全体を網羅した吹雪対策施設の選定方法については、従来のマニュアルでは述べられていませんでした。

今回の改訂では、防雪面から考慮した定性的な分類として、旧マニュアル防雪柵編・防雪林編の記述を統合・整理し、検討会での検討を加えて図2のようにフロー図に整理しました。

対策の主目的、用地確保の容易さ、本体構造、主風向を選択指標として、適切な吹雪対策施設が選定でき

ます。たとえば、道路は平坦で吹きだまりが著しく、用地の確保が容易な場所では標準林が選択されることとなります。

ただし適用にあたっては、たとえば吹き払い柵では最深積雪が深い場合など、このフローに沿えない場合もあり、詳しい留意点、併用して利用できる施設などは新マニュアルの各章を参照ください。

3.4 その他共通編に記載した項目

そのほか、共通編には資料編として「吹雪に関する基礎知識」の解説、気象雪氷調査で用いる資料、気象雪氷調査法、生育環境条件調査の各項目を設けています。

「吹雪に関する基礎知識」では、竹内(1996ほか)^{vii)}の解説記事をベースに跳躍粒子の運動、吹雪の発生機構、飛雪鉛直分布、吹雪による視程障害について概説しています。これらは、基礎的な物理構造の解説で、慣れない分野であろうかと思いますが、いずれも道路技術者にとっては吹雪対策を考える上で、最低限の知識として記憶にとどめて頂きたい内容です。

「気象雪氷調査で用いる資料」としては、前述の吹雪危険度の算定で用いる全道吹きだまり量分布図^{vi)}、最大積雪等深線図^{vii)}、地吹雪頻度分布図^{ix)}のほか、気象雪氷調査に当たり参考となる積算寒度分布図、視程障害頻度分布図なども掲載しました。いずれも地域の一般的な値を図示したもので、現地の状況と異なることもあるので、算定条件を確認の上使用ください。



図2 吹雪対策施設の選択フロー

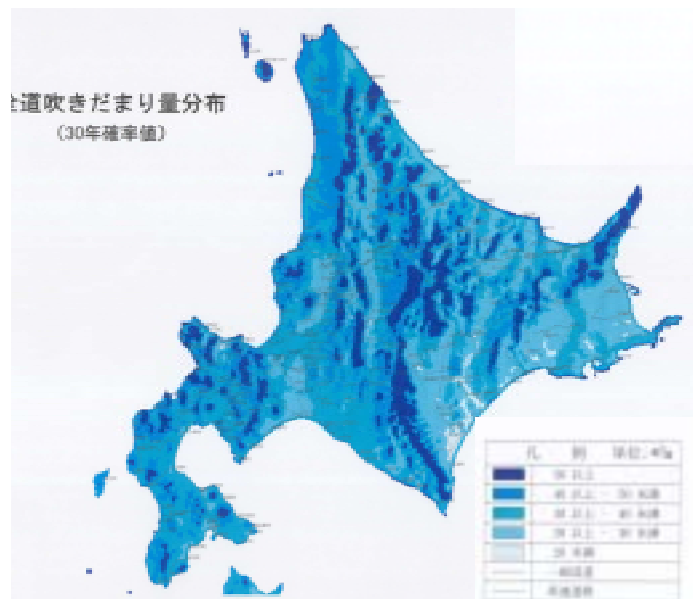


図3 全道吹きだまり分布図(資料編に掲載)

4 おわりに

本号では、「道路吹雪対策マニュアル」について、その経緯と共通編に記載した内容について解説しました。次号では、防雪林編・防雪柵編の改訂内容について記述する予定です。

なお、冒頭にもふれましたが、このマニュアルは北海道開発土木研究所ホームページよりPDFファイルにてダウンロードしてご利用頂けます。お気づきの点があれば、ご意見頂ければ幸いです。

(文責 伊東 靖彦)

【参考文献】

- i) 伊東靖彦、松澤勝、加治屋安彦：吹雪対策技術のニーズと課題について.第45回(平成13年度)北海道開発局技術研究発表会発表概要集(CD-ROM), 2003
- ii) 福沢義文、伊東靖彦、松澤勝、加治屋安彦、阿部正明、丹治和博：吹雪危険度に関する一考察(1) - 吹雪危険度の評価フローの検討 -, 寒地技術論文・報告集vol.18, pp354-358, 2002
- iii) 北海道開発局建設部道路建設課：道路防災工調査、設計要領. 1978.3, p17-33
- iv) (財)道路保全技術センター：道路防災要領 [豪雨・豪雪など], 1996.8
- v) 北海道開発局建設部道路建設課(監修)：道路工事設計施工要領, (社)北海道開発技術センター, 2002
- vi) 福沢義文、加治屋安彦、小林利章、苔米地 司：北海道全域の吹きだまり量分布の推定, 雪氷, 62, pp291-300, 2000
- vii) 竹内政夫：吹雪とその対策(1)吹雪のしくみ, 雪氷. 58(2), pp161-168, 日本雪氷学会, 1996
竹内政夫：吹雪とその対策(2)吹雪と視程, 雪氷. 61(4), pp303-310, 日本雪氷学会, 1999
竹内政夫：吹雪とその対策(3)吹きだまりの発生機構と形, 雪氷. 62(4), pp41-48, 日本雪氷学会, 2000
竹内政夫：吹雪とその対策(4)吹雪災害の要因と構造, 雪氷. 64(1), pp97-105, 日本雪氷学会, 2002
- viii) 設計積雪深に関する技術資料, 北海道開発局, 北海道開発局, 2001
- ix) 石本敬志：吹雪頻度分布図について, 土木試験所月報, 415, pp42-45北海道開発局土木試験所, 1987