

道路防雪林における今後の課題と対応策の検討

国立研究開発法人 土木研究所 寒地土木研究所 雪氷チーム ○原田 裕介
同上 吉井 昭博
同上 大宮 哲

道路吹雪対策マニュアルの改訂に向け、道路管理者から提供された資料およびアンケート結果、有識者ヒアリング結果、既往の研究成果を用いて、道路防雪林の造成開始から現在までの経緯、整備の現状と問題点を整理のうえ、今後の課題と対応策を検討した。検討項目は、(1)樹木の成長モデルを明示した防雪林の造成と管理、(2)防雪性能の定量化、(3)育成管理計画の立案・管理台帳の整備、(4)防雪性能低下時の対応策、(5)間引きや更新の具体的手法の提示とした。

キーワード：道路防雪林、雪害、防災・減災

1. はじめに

道路防雪林(以下、防雪林という)は、道路の風上側または両側に林帯を造成し、風速を減じさせ吹雪による吹きだまりや視程障害を緩和する防雪施設である。寒地土木研究所では、これまで防雪林の課題解決に向けた研究と、その成果や基本的事項を取りまとめた道路吹雪対策マニュアル(以下、マニュアルという)および技術資料の発刊に取り組んできた^{1)~4)}。本稿では、今後のマニュアルの改訂に向けた方針を策定するために、防雪林の造成開始から現在に至るまでの経緯、現状と問題点を整理のうえ、今後の課題と対応策について検討した。

2. 防雪林の造成開始から現在までの経緯

(1) マニュアルでの規定内容および発刊前後の対応

北海道の国道における防雪林について、造成が開始された1977年以降、1990年に発刊されたマニュアル¹⁾(以降、1990年初版という)、同2003年改訂版²⁾、ならびに同2011年改訂版³⁾で規定された林帯幅、植栽密度・配植、樹種、管理作業、各マニュアル発刊前後の対応の概要を表-1に示す⁵⁾。本稿で対象とする道路防雪林は、1909年より造成が開始された鉄道防雪林よりも林帯幅が狭い。これは、年代が進み沿道が田畑や牧草地といった土地利用が盛んとなったこと⁶⁾、道路供用後に改めて用地を買収して防雪林を造成する必要が生じたことなどが主な要因と考えられる。マニュアル1990年初版では、吹きだまり防止と視程障害緩和を目的とした標準林(現地の年間最大吹きだまり量に応じた林帯幅10m、20m、30mの各タイプ)が規定された。鉄道防雪林の設計の考え方を道路防雪林に導入した値と言われ、林帯幅を決定した根拠は明確ではない⁷⁾。この規定は、マニュアル2003年改訂

版²⁾および2011年改訂版³⁾にて踏襲されている。

(2) 寒地土木研究所における防雪林研究

a) 防雪林の機能と性能に関する研究

・狭帯林の視程障害に関する研究(1978~2003年)

視程障害を緩和するための林帯幅10m未満の狭帯林について、1980年以降実地試験およびシミュレーションによる効果検証に関する研究が進められ⁸⁾⁹⁾など、2003年改訂版²⁾に狭帯林が標準林とともに定義された。

・視程障害や吹きだまりに関する研究(2004~2011年)

防雪林整備箇所における実地試験および風洞実験による、吹雪障害緩和効果を検証する研究が進められた¹⁰⁾¹¹⁾など。上記の研究成果は、2011年改訂版³⁾で活用された。

・間引きや下枝の枯れ上がりによる防雪性能の変化に関する研究(2011年~)

造成から30年以上経過する防雪林が多くなり、間引きをした場合の性能低下の懸念や、現実には下枝が枯れ上がりに伴う防雪効果の低下が懸念される防雪林が生じてきた。間引きについては、模型を用いた風洞実験などが行われた¹²⁾¹³⁾など。下枝の枯れ上がりについては、林帯の空隙率を計測する方法で性能低下との関係が検討された¹³⁾¹⁴⁾など。当研究所では、下枝の枯れ上がりが見られる防雪林の管理手法に関する技術資料(案)を2023年に発刊した⁴⁾。

b) 防雪林の成長や生育不良に関する研究

・道路防雪林の成長と生育基盤に関する研究(2002~2016年)

マニュアル2003年改訂版²⁾の発刊前に、防雪林の生育課題の検討が開始され¹⁵⁾、発刊後に道路防雪林の成長過程を記録し、標準的であるべき樹高成長や下枝の成長、あるいは下枝の枯れ上がりについて基礎的な情報収集が行われた。また、生育基盤の造成に際し、過湿や締め

表-1 防雪林の造成開始から現在までの林帯幅、植栽密度・配植、樹種、管理作業の規定および対応内容（概要）

年代	林帯幅	植栽密度・配植	樹種	管理作業
1977～1990年： 道路防雪林の造成開始～	・規定なし ・幅10m以下、20m程度、30m程度の防雪林が混在 ※鉄道防雪林で採用されていた1林帯20間（約36m）が一つの目安となった可能性がある ⁵⁾ 。	・鉄道防雪林の密植（一辺1.2mの正三角形植え）が参考とされた。	・鉄道防雪林に做うことが多く、ヨーロッパバトウヒ（外来種）を主林木として植栽する防雪林が多かった。 ・当初は成長の早い陽樹のカラマツなどの落葉針葉樹も導入された。	・密植により、5m以上に成長すると林内に立ち入ることが難しくなったため、 枝打ち（枝下高2m程度）が推奨 された。
1990～2003年： ① 道路吹雪対策マニュアル(案) <1990年初版>～	・吹きだまり防止と視程障害緩和を目的とした標準林（現地の年間最大吹きだまり量に応じた幅10m、20m、30mの各タイプ）を規定。 ※決定根拠は不明確だが、現在まで踏襲。	・1列2条植栽とし、 列間は3mで条間は1m、苗間は2m の千鳥植栽。	・標準適用樹種を記載 ※継続性が高い防雪林ではヨーロッパバトウヒがそのまま主林木として用いられることもあったが、脱スパイクタイヤ（1990年に関連法が公布、施行）以降、凍結防止剤散布に伴う塩害を回避するため、新規で計画される場合には アカエゾマツ（自生種） が主となった。	・長期計画の例を記載 ※千鳥植栽の場合の間引き方法が確立されなかったため、枝打ちは実施されたが間引きを行った例は必ずしも多くはない。
2003年～2011年： ② 道路吹雪対策マニュアル <2003年改訂版>～	・視程障害緩和を目的とした 林帯幅10m未満の狭帯林 を規定。 ※現在まで踏襲。	・1列1条植栽とし、 列間は3.5mで苗間は2m の正方植えとした。	・基本的に、 アカエゾマツやトドマツ（自生種） を推奨。	・樹高によって保育期（～3m）、育成期（3～10m）、維持期（10m以上）に区分し、 各期に必要な管理作業を明記 。 ※維持期の更新について、具体的に記述されていない。
2011年～： ③ 道路吹雪対策マニュアル(平成23年改訂版) <2011年改訂版>～	・標準林（幅20m・30mの各タイプ）では基本的に 管理用道路（幅4m） を設置するものとした。	管理用道路による用地幅増加の影響を緩和するために、 列間を3.5mから3mへと減じ、苗間は2m の正方植えとした。	変更なし	・保育期・育成期における、成長の評価基準を設定した。 ・生育不良の状態に応じてその要因を推定し、次の対策を検討できるようにした。 ・基本的な 間引き方法を、1本置きに伐採する方法 とした。

に伴う生育不良が発生していると考えられる事例が散見されたことから、植栽基盤の条件と成長状態に関する研究が進められた¹⁵⁾など。

(3) 防雪林の整備状況

北海道開発局が所管する国道沿いの防雪林について、路線別の整備箇所数と述べ延長を表-2に示す。2022（令和4）年度末には一般国道20路線、防雪林箇所数62箇所、述べ延長約139kmが整備されている。

道路防雪林の育成管理の工程は、樹木の成長によって保育期、育成期、維持期の三段階に区分される。マニュアル2011年改訂版に示される長期管理計画モデル³⁾より、樹齢0～16年が保育期、17～33年が育成期、34年以上が維持期と読み取れる。ここで、各防雪林の造成時に5年生（樹齢5年）の苗木を植栽した場合、2023年時点における区分ごとの防雪林の延長は、保育期約62km（2012～2022年植栽）、育成期約43km（1995～2011年植栽）、維持期33km（1977～1994年植栽）となる。整備箇所によっては、早期の効果発現を念頭に、樹齢5年を超える半完成木が使用された場合を考慮すると、維持期の延長はより長い可能性がある。

3. 防雪林整備の現状と問題点の整理

本章では、防雪林整備の現状と問題点などについて、道路管理者アンケートおよび有識者ヒアリングの要約、現在活用されているマニュアル2011年改訂版³⁾に基づく整理結果をそれぞれ示した。

(1) 道路管理者アンケート（要約）

HARADA Yusuke, YOSHII Akihiro, OMIYA Satoshi

表-2 北海道開発局開発建設部管内および路線ごとの防雪林延べ延長（2022年度時点）

北海道開発局 開発建設部	路線	箇所数	延べ延長 (km)	開発建設部別	
				箇所数	延べ延長
				(箇所)	(km)
室蘭	336	1	0.3	1	0.3
小樽	229	1	0.3	4	6.7
	276	3	6.4		
札幌	12	1	0.5	9	21.9
	275	4	10.3		
	337	4	11.1		
	旭川	39	2	2.3	3
40	1	4.4			
留萌	40	2	7.4	4	9.8
	232	2	2.4		
稚内	40	6	39.5	3	54.2
	238	7	14.7		
帯広	236	1	2.0	6	7.3
	241	3	1.6		
	274	1	2.8		
	336	1	0.9		
釧路	44	3	9.2	9	24.8
	243	1	0.4		
	272	3	13.9		
	335	1	0.9		
網走	391	1	0.4	13	7.2
	39	3	2.2		
	238	6	1.6		
	239	1	0.9		
	243	1	1.1		
334	1	0.7			
391	1	0.7			
合計		62	138.9	52	138.9

※北海道開発局から提供いただいた資料に基づき作成

対象：北海道開発局道路維持課

a) 現状

- ・道路維持管理費の予算が限られていることから、維持管理の容易性が求められている。

b) 問題点

- ・林帯幅の取得や樹木の成長の度合いに左右される為、即時効果が期待できない。
- ・林帯幅の取得が必須になる為、用地取得に際しリスクが懸念される。
- ・下枝の枯れ上がりや間伐による密度低下に伴う防雪効果の減少について、適切に判断する基準がない。

c) 今後に向けて

- ・防雪事業の整備は鋭意促進するものの、既存防雪林の維持管理に特化する方針である。
- ・コスト縮減に向けて、防雪柵以外の併用施設を用いた対策方法の検討が望まれる。
- ・カーボンニュートラルに向けた取組の推進において、CO₂削減に寄与するカーボンオフセットになりうる。

(2) 有識者ヒアリング (要約)

対象：苫小牧工業高等専門学校 鳥田 宏行准教授

a) マニュアル 2011 年改訂版の改善点

- ・植栽から育成、そして更新に至る一連のサイクル（全体の流れ）を最初に示すと分かりやすい。また、常緑針葉樹の林帯で構成される防雪林の特徴（例えば、植栽後十分な効果が発揮されるまでに時間を要する、樹木の成長に伴い着葉分布が変化する、枯死する場合もあるため防雪性能が一様ではないことなど）を説明する資料があるとよい。

b) 防雪林導入のメリット

- ・防雪林は順調に生育すれば樹高20m以上に達し（防雪柵は最大5m）、成長に応じた減風効果に伴い、防雪容量（雪粒子の捕捉による道路上の視程障害緩和および吹きだまり抑制効果）が増加する。
- ・近年のグリーンインフラの考え方にマッチする。

c) 防雪林の評価方法

- ・防雪林で活用される常緑針葉樹について、樹高と胸高直径の経年変化などの基準を整理のうえ、これらを定量化することが必要になりうる。また、枯死率も生育の良しあしを判断する材料になる。
- ・防雪性能を定量化するには、抗力係数を設定した樹木モデルを作成のうえ、流体モデルに組み込んで計算することが考えられる。樹木の成長モデルを検討するためには、現場データ（成長曲線、成長に応じた枝葉の量、下枝の高さなど）の入手が必要。
- ・更新について、幅の広い林帯の更新に関しては機能を低下させない方法が課題となる。一方、狭帯林は全体を入れ替える方法になるのではないかと。

d) 下枝の処理、枯れ上がり対策

- ・下枝の処理は、なるべく低い高さまでとする。高さ2mまで枝打ちすると、雪面に近い雪粒子の捕捉効果が低下するため、防雪効果が低減する。また、下枝が残存していると、シカなどの動物の侵入が抑制され、動物による食害を減らすというメリットもある。

- ・下枝の枯れ上がりによって防雪効果が低下した防雪林の補助対策として、林帯風上側の枯れ上がり高さと同程度の柵などを設置することが有効となる。

(3) マニュアル 2011 年改訂版に基づく整理

防雪林は、造成直後から初期の段階では防雪性能はかなり低く、ある程度の樹高になってから効果を発揮する。このため初期の段階での防雪林の管理は、初期成長を阻害する要因を軽減し、成長を促進することが目的となる。例えば成長が競合し樹木よりも成長が速い草本を刈る下草刈りや、主林木よりも成長が速い落葉広葉樹類を伐採する除伐や前生林管理である。その後、より葉の密度を高めることを目的とした間引きの実施を経て、防雪性能が高い状態に導かれる。

防雪性能が高い状態がある程度続いた後、多くの場合樹木の成長とともに葉面積密度が小さくなり、防雪性能が減少するものと考えられる。この減少の度合いがどの程度までならば許容することができて、許容範囲を超えるのがどの状態なのかについては明らかではない。許容範囲を超えて防雪性能が低下した状態が「防雪林の耐用年数」と定義できる可能性があるが、現在のところ抽象的な概念に留まっており、具体的な数値はない。一方で、林業における人工林施業では、場所や樹種、目的により差異はあるが、あらかじめ伐採するまでの年数を定めて植栽する。植栽初期には防雪林と同じように下草刈りや除伐などが行われ、その後伐採するとき最も材積が多くなるように（太い材（幹）を最大限多く採れるように）数度の間伐を繰り返す。これらの作業については、樹木の成長がモデル化され、林齢（植栽からの年数）と樹高・胸高直径に基づいて、必要な管理作業（主に間伐）が明示されている¹⁰。

防雪林では、現時点で樹木の成長モデルと管理作業の関係が明らかではない。樹木の成長モデルは、林業の場合には樹高と胸高直径という因子から形づくることのできるが、防雪林の場合には目的変数として「防雪性能に関する数値」がそれに加わる。これまで、樹木の成長モデルやそれに対応した防雪性能は定量化されてこなかった。その理由として、防雪林について①形状を計量する方法、②要求性能（目的を達成するために保有すべき性能）、③ライフサイクルをどう捉えるかという視点がそれぞれ未確立であることによるものと考えられる。

上記に基づき、マニュアル2011年改訂版防雪林編³の構成を表-3に、防雪林整備における計画設計・施工・育成管理の各項目に対応する現状の問題点を表-4にそれぞれ示す。今後、4章で詳述する防雪林に関する情報の定量化や、これらの基礎となる資料の整理と具体的な手法の提示という工程を通じ、防雪林のライフサイクルモデル（図-1に例示）を作成することが、防災施設としての防雪林を適切に形成・維持していく上で重要となる。そして、ライフサイクルモデルを明示することによって、

表-3 マニュアル2011年改訂版防雪林編の構成³⁾

項目名		項目名	
章	節	章	節
1章 総則	1.目的	5章 道路防雪林の 詳細設計	1.詳細設計の手順
	2.適用範囲		2.詳細設計の成果
2章 道路防雪林の 定義と特徴及び基 本的な考え方	1.道路防雪林の定義	6章 道路防雪林の 植栽施工	1.植栽の手順
	2.道路防雪林の経緯		2.植栽時期
	3.道路防雪林の機能と効果		3.苗木購入時の留意点
	4.道路防雪林の造成に伴う周辺への影響	7章 道路防雪林の 育成管理	1.育成管理の基本方針
	5.道路防雪林造成の基本的な考え方		2.保育期の管理
3章 道路防雪林の 基本計画	1.道路防雪林基本計画の手順	資料編	3.育成期の管理
	2.基本計画条件の抽出		4.維持期の管理
	3.道路防雪林の林型		5.被害発生に応じた管理作業
4章 道路防雪林の 基本設計	1.道路防雪林の基本設計	資料編	6.各期に共通する管理項目
	2.配植		道路防雪林育成に対する防雪柵の影響
	3.植栽樹種と規格		生育基盤内の生育阻害要因
	4.併用防雪施設		防雪林の成長実績
	5.管理用道路		用語集
	6.道路防雪林の生育基盤整備		
	7.植栽保護工		

表-4 防雪林整備における計画設計・施工・育成管理の各項目に対応する現状の問題点

項目		マニュアル2011年 改訂版 防雪林編 該当箇所 (章_節.)	現状の問題点	
計画・ 設計	計画	計画条件の整理	3章_1. ・気象条件が吹きだまり量のみである	
		林型の選定	3章_1.、3章_3. ・防雪機能と林帯幅の関係が不明である	
		育成管理計画の立案	4章_1.、7章_1.、 7章_2. ・主に樹木育成の観点に基づく計画案であり、 防雪機能の評価や対策が示されていない ・更新に至るまでの内容が網羅されている訳ではない	
	基本設計	測量・現地調査	5章_1.	
		配植検討	3章_2.、4章_2.	
		植栽樹種と樹木規格	4章_3.	
		生育基盤整備方法	4章_6.	
		附属施設の検討	3章_2.、4章_4.、 4章_5.、4章_7. ・要求性能を満たす防雪柵の検討方法が不明 ・保護工採用の基準が定量化されていない	
	詳細設計	詳細設計	5章_1.、5章_2.	
施工計画の立案			・記載がない	
施工	生育基盤整備		・記載がなく、植栽と施工の前後関係や留意点が不明	
	植栽	6章_1.、6章_2.、 6章_3.		
	附属施設の施工		・記載がなく、植栽と施工の前後関係や留意点が不明	
	管理台帳の整備	7章_6.	・各項目の整理目的、整理結果の使用方法に不明瞭な部分がある	
育成管理	保育期	樹木の育成管理	7章_2.	
	育成期	樹木の育成管理	7章_3.	
		防雪機能の管理	7章_3. ・防雪機能の評価、予測が定量化されていない ・間引き以外の対策がない (間引きが遅れ下枝の枯れ上がりが発生した場合等) ・間引きについて、施工方法や施工時の留意点、 影響(防雪機能の変化)が不明	
	維持期	樹木の育成管理		・記載がない(風倒木の予防等)
		防雪機能の管理	7章_4. ・防雪機能の評価、予測が定量化されていない ・更新を判断する基準が不明瞭 ・更新による具体的な施工方法や留意点(例:先行木の枝による日照不足への対処方法など)が不明	

※育成管理の各期に共通した項目として、巡視点検および被害発生に応じた管理を想定(マニュアル防雪林編7章5.、7章6.)

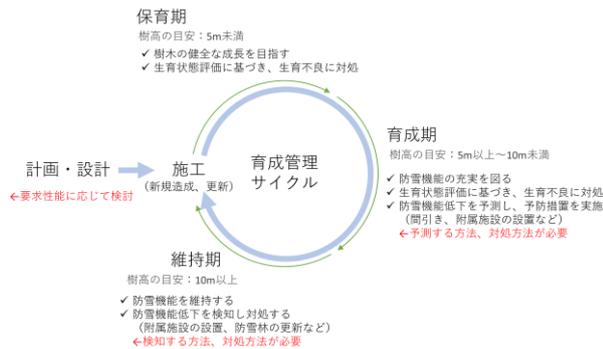


図-1 防雪林のライフサイクルモデルの例
赤字は今後の課題を示す

更新時に伐採する材の有効利用や、次に植栽する苗木の手配などをあらかじめ検討することも含めた全体計画として、防雪林造成管理計画が立案されることが望ましい。

4. 防雪林における今後の課題および対応策

3章までの結果を踏まえて、防雪林における今後の課題および対応策を以下に示す。

(1) 樹木の成長モデルを明示した防雪林の造成と管理

a) 課題

防災施設として適切に形成・維持していく上で重要な防雪林造成管理計画（計画・設計、施工、育成管理のライフサイクルモデル）が未整備である。また、生育基盤整備や附属施設の施工について、マニュアル2011年改訂版³⁾に記載が無い。加えて、新規造成および更新時に、苗木の調達が困難な場合が想定される。

b) 対応策

防雪林の整備・管理者に防雪林の特徴について理解を促すために、防雪林の計画設計・施工・育成管理（更新まで）を俯瞰し、多様な観点から取りまとめる。ここで、多様な観点とは、① 防雪林のメリット（防雪性能、副次的な機能（景観、カーボンオフセットなど））、② ライフサイクルコスト、③ 生き物工法としての特徴（性能が経年変化する、性能の維持には適切な育成管理が必要）などを示す。その際、防雪性能の「耐用年数」を含めた樹木の成長モデルを提示するのが望ましい。また、生育基盤整備や附属施設の施工について、植栽との前後関係や、施工が植栽に与える影響・留意点について、既往の施工例から取りまとめる、一般的な植栽基盤の整備に関する資料を提示するなどの対応が考えられる。また、苗木の調達について、林業の安定的な発展のため、種苗の供給の確保などを推進する「林業種苗法¹⁷⁾」が公布・施行されている。今後、計画的・安定的な需要の立案、生産者との調整など、安定的な種苗の確保に向けた取り組みが考えられる。

(2) 防雪性能の定量化

a) 課題

防雪林の設計に際し、現状は一冬期最大の吹きだまり量に応じて標準林の林帯幅が設定されており、要求される防雪性能（例えば吹雪時における視程障害の緩和の程度など）が定量化されていない。そのため、性能規定による計画設計や育成管理が困難となっている。また、既存防雪林では施工箇所に応じた防雪性能の発揮または維持するための対応を取ることが望ましいが、これらを評価する方法は確立されていない¹⁷⁾。

b) 対応策

防雪林の諸元（林帯幅、樹高、葉の密度、下枝の枯れ上がり、樹種など）と外力となる気象条件に応じた防雪性能の推定手法の構築と、樹木の成長モデルの作成（年数や成長に応じた樹高・胸高直径、下枝の枯れ上がり高さの変化など）が必要である。また、防雪林の各種諸元と防雪性能の関係を把握するには、既往調査結果に基づく防雪性能の多変量解析などによる統計的分析（育成状況の差異に伴う幅を考慮）と、防雪林が気流や飛雪に与える影響を適切にモデル化したうえで、様々な諸元による吹雪数値シミュレーションの実施が考えられる。その結果、防雪林の適切な密度管理、または背の低い柵や灌木など他の施設と組み合わせることで、林帯幅が低減しても防雪性能を確保できる場合は、用地取得のリスク低減につながる。また、既存防雪林について、はじめに防雪林の空隙率¹⁸⁾の調査に基づき検討対象を選定し、つぎに三次元的な防雪林の構造を示す指標と吹雪軽減効果の関係¹⁸⁾に基づき防雪性能を把握することで、経済的かつ効果的な評価につなげることができると考えられる。

(3) 育成管理計画の立案、管理台帳の整備

a) 課題

適切な育成管理を行うためには、長期的な育成管理計画（作業量、費用を含む）を立案し、計画に沿って管理することが望ましい。しかし、防雪林のライフサイクルを通した育成管理計画が未整備であるため、長期の育成管理作業を見通すことが困難である。また、管理台帳が整備されなかった場合は、育成管理担当者（道路管理者）が異動した際に、新任担当者に対する管理履歴の引継ぎの確実性が課題となる。

b) 対応策

設計・計画時に、育成管理作業の実施時期や作業内容・ボリューム・コストの把握を目的とした育成管理計画を立案する。また、計画の遂行状況（育成管理作業の履歴）を台帳として保存し、管理担当者が異動した場合に引き継ぐことで、作業の実施状況や今後の予定を継承できると考えられる。管理計画において作業実施を判断する目安として、時間（樹齢や植栽からの年数）や樹高が考えられる。併せて、植栽から1~2年目における枯死に着目する旨を明記する。加えて、一般的な管理モデル

が適用できない場合は、樹木の育成状態に応じて管理計画の見直しを行うなど柔軟な計画の立案が望ましい。

(4) 防雪性能低下時の対応策の検討

a) 課題

下枝が枯れ上がると、枯れ上がった部分には新しい葉が生えることがなく、防雪性能が恒久的に低下する。

b) 対応策

造成時から保育・育成・維持期における、下枝の枯れ上がりの対応策を既往文献に基づき表-5に整理した^{3),19)-22)}。

(5) 間引きや更新などの具体的な手法の提示

a) 課題

育成期の間引き、維持期の更新について、マニュアル2011年改訂版³⁾に具体的な方法や留意点が記載されていない。また、今後維持期に移行し、更新の検討が必要となる防雪林は増加すると考えられる(2章(3)参照)。

b) 対応策

既に間引き・更新された防雪林での知見や、防雪林以外の樹林帯における間引き・更新の知見を収集し、具体的な手法について検討し提案を行う。また、参考として防風保安林(防雪林以外の樹林帯)における間引き・更新の知見によると、林帯の中央部を伐採することで減風効果低減を抑制できることが示されている²³⁾。また、更新時に伐採した樹木について、搬出が困難な場合における一案を示す。① 枝を払ったうえ、幹を約4m間隔で玉切りする。② 払った枝は、防雪林風上側林縁の列に沿

って地表面から下枝の高さまで配置する。③ 玉切りした幹は、防雪林内の列に沿ってピラミッド状(高さ約1m程度)に積み重ねて配置する。上記により、雪面に近い雪粒子の捕捉効果が期待され、道路上への吹雪障害抑制に寄与するものと考えられる。

謝辞: 本稿の執筆に際し、北海道開発局道路維持課および各開発建設部、苫小牧工業高等専門学校鳥田宏行准教授にご協力いただいた。記して、御礼申し上げる。

参考文献

- 1) (社)北海道開発技術センター: 道路吹雪対策マニュアル(案) 防雪林編. 140pp, 1990.
- 2) 国土交通省北海道開発局: 道路吹雪対策マニュアル第2編 防雪林編. 2-1-1-2-8-21, 2003.
- 3) (独)土木研究所寒地土木研究所: 道路吹雪対策マニュアル(平成23年改訂版)第2編 防雪林編. 2-1-1-2-参考-5, 2011.
- 4) (国研)土木研究所寒地土木研究所: 下枝の枯れ上がりが見られる防雪林の管理手法に関する技術資料(案). 75pp, 2023
- 5) 鷺谷瀧雄: 鉄道防雪林の研究. 営林作業研究会, 74-76, 1953.
- 6) 伊東靖彦: 道路防雪林の特徴. 寒地土木研究所月報, 756, 18-23, 2016.
- 7) 松澤勝: 吹雪対策施設の性能規定導入に関する一考察. 寒地技術論文報告集, 39, 177-182, 2023.
- 8) 石本敬志ほか: 道路防雪林による吹雪時の視程障害緩和効果. 土木研究所月報, 320, 7-18, 1980.
- 9) 福澤義文, 加治屋安彦: 数値シミュレーションによる狭帯防雪林の活用条件に関する検討. 雪氷, 65, 145-151, 2003.
- 10) 山田毅ほか: 風洞実験による防雪林の樹木形態と防雪効果の関係についてその3, 北海道の雪氷, 20, 73-76, 2008.
- 11) 山田毅ほか: 疎密の異なる道路防雪林の視程改善効果, 第52回(平成20年度)北海道開発技術研究発表会, 2009.
- 12) 山崎貴志ほか: 間引きした防雪林の風洞実験による防風機能試験. 寒地土木研究所月報, 752, 24-29, 2016.
- 13) 櫻井俊光ほか: 空隙率を指標とした防雪林の防風・防雪効果把握の可能性. 日本雪工学会論文集, 36, 14-22, 2020.
- 14) 伊東靖彦: 道路防雪林の生育課題について. 北海道開発土木研究所月報, 595, 48-50, 2002.
- 15) 上田真代ほか: 防雪林の生育と植栽基盤の物理性の関係について. 寒地土木研究所月報, 688, 2-13, 2010.
- 16) (地独)北海道立総合研究機構: アカエゾマツ人工林収穫予測ソフト Ver1.20 使用説明書, 11pp, 2021.
- 17) 林野庁: 林業種苗生産. www.rinya.maff.go.jp/j/kanbatu/syubyou/syubyou.html; 2024.1.閲覧.
- 18) Harada, Y., et al.: Observations and analysis to develop performance requirements for a Living Snow Fence during severe snowstorm events. The International Snow Science Workshop (ISSW) Proceedings, 2023.
- 19) 齋藤新一郎: 防雪林を構成する木々の下枝の枯れ上がりとその対策について. 北海道の雪氷, 29, 24-27, 2010.
- 20) 阿部正明ら: 道路防雪林の下枝の喪失に関する一考察. 北海道の雪氷, 30, 39-42, 2011.
- 21) 原田裕介ほか: 補助工法が導入された道路防雪林の効果検証に向けた現地観測. 第64回(2020年度)北海道開発技術研究発表会, 2021.
- 22) 松島哲郎ほか: 既設道路防雪林の機能向上に向けた取り組み. 第65回(2021年度)北海道開発技術研究発表会, 2022.
- 23) 北海道水産林務部・北海道立総合研究機構 林業試験場: 防風保安林の効果と更新方法, 2020. www.hro.or.jp/list/forest/research/fri/kanko/fukyu/pamph.htm; 2024.1.閲覧.

表-5 各時期における下枝の枯れ上がりの対応策^{3),19)-22)}

時期	樹高の目安	対応策
造成時	-	広い列間で植える(列間3.5m×苗間2.0m)、樹木の成長に伴い約50%の間引き(千鳥間引きを基本とする) 防雪林の林縁には基本林の樹種でなく、ヤナギ類やモンタナマツなどの低木類で、刈込みに耐える樹種を配置する
保育期～維持期	-	枯れ上がりの最小化を目的に、前生林などの競合や隣接樹木との接触を回避するため、下刈り、除伐、間引き管理を徹底する
保育期	5m未満	風上側防雪柵や前生林を高さ2m程度残置する
育成期	5m以上10m未満	道路上の吹きだまりを抑制するために、裾枝打ちを実施しない、または最小化する(実施高さを年最大積雪深以下とするなど) 改植、補植 ※防雪機能を期待できない場合 密度管理(間引き) ※下枝の枯れ上がりが始まる前に実施
維持期	10m以上	巡回点検時に下枝の枯れ上がり状況に着目する 吹雪防止機能が損なわれていない現状維持 ※単木的に下枝が枯れ上がった場合 改植、補植 ※塊状に下枝の枯れ上がりが生じ、かつ緊急性が低い場合 風上側林縁に防風施設を併用する ※狭帯林 吹込み防止用に高さが低い防雪柵を設置 ※下枝の枯れ上がり塊状に生じた場合に実施 防雪林の風上側や林内に、防風ネット柵や低木などの補助工法を施工 更新 ※通常は2回目の密度管理を実施した後 ※防雪機能の低下を予防すべく、タイミングを検討