

## 防雪林の機能向上に関する研究

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 27～平 30

担当チーム：寒地道路研究グループ（雪氷チーム）、技術開発調整監（寒地機械技術チーム、寒地技術推進室）

研究担当者：松澤勝、伊東靖彦、渡邊崇史（雪氷）  
住田則行、山崎貴志、幸田勝（機械）  
高玉波夫、佐藤圭洋、渡辺淳、鈴木哲（推進室）

### 【要旨】

積雪寒冷地の北海道では、国道における通行止め原因の4割を吹雪が占めるなど、吹雪による冬期交通障害が多く発生しており、吹雪対策が重要課題となっている。

吹雪対策として高い効果が期待できる防雪林は、吹雪対策に多用されているが、苗木で植栽するため継続的な育成管理が必要である。成長を遂げ、一定の防雪機能を発揮した後も、吹雪抑止のため適切な時期に樹木の間引きを行い、下枝を維持する必要がある。

しかし間引き遅れによる下枝の枯れ上がりにより、防雪機能の低下が懸念される事例がいくつか出始めている。そこで本研究は、下枝の枯れ上がりによる防雪機能等への影響の解明、間引き遅れの防雪林に対する補助防雪柵等による防雪機能向上技術の検討、防雪林の生育段階に応じた間引き手法などの管理手法を提案することで、安定的な防雪機能を有する防雪林の構築、機能向上を目指すものである。

キーワード：防雪、吹雪、道路、防雪林、間引き、植栽密度管理、枝下高

### 1. 研究の目的

北海道における国道の通行止めの約4割は吹雪に起因するものであり、吹雪対策が必要とされている。北海道において道路防雪林は、防雪柵と並んで吹雪対策に多用されている。

道路防雪林は、吹きだまりや視程障害を緩和し、視線誘導効果も併せ持つなど吹雪対策として有効である。現在、道路事業において最初の造成から約30年が経過し<sup>1)</sup>、樹木の成長に伴い育成や管理上の課題が顕在化している<sup>2)</sup>。

そのうちの1つに、下枝の枯れ上がりとそれに伴う防雪効果低下への懸念がある。外観上立派に成長している防雪林であっても、その内部では下枝の枯れ上がりが進行している事例が見られる(図1)。下枝の維持や管理は、吹雪防止に重要であり、道路防雪林に特有の考えや作業である。

本研究においては、下枝の枯れ上がりによる防雪機能等への影響を明らかにし、間引き遅れの防雪林に対する防雪機能向上のための対策技術の検討を行い、防

雪林の生育段階に応じた間引き手法などの管理手法を提案することで、安定的な防雪機能を有する防雪林の構築、機能向上を目指すものである。



図1 下枝の枯れ上がった防雪林  
(上土幌町)

平成27年度においては下記1)～5)を行った。

- 1) 既往調査・研究等の整理
- 2) 樹高等の林況と下枝の枯れ上がりに関する調査
- 3) 模擬実験に向けた基礎データ収集のため、防雪林

における防雪機能の調査

4) 防雪機能が低下した防雪林に対する対策事例の収集

5) 間引きによる防雪機能等の影響調査

を行った。本報告ではこれらのうち既往研究の整理や事例収集を除いた 2)、3)、5)について詳述する。

## 2. 樹高等の林況と下枝の枯れ上がりに関する調査

樹木の成長過程(樹高や枝張)、下枝の枯れ上がりの進行に関する既往研究が少なく、また既往研究は比較的低年次の樹木を対象としている。

このため、比較的古い年代に造成した防雪林を対象に、現況を把握し、過去の調査と対比することで、樹木の成長過程や枯れ上がりの進行を調査した。

### 2.1. 調査方法

約 19 年前に造成間もない 24 の道路防雪林について調査された報告書<sup>78)</sup>と、現況とを比較することで樹木の成長過程や枯れ上がりの進行を調査した。

報告書には、各防雪林の代表的な樹種について、その標準木の推定樹高、林齢、樹高、胸高直径、枝張、枝下高、当年伸長量(最大 3 年分)、枯損率が記載されている。

このうち、①現況存在しない防雪林、②日照や環境条件が特異と考えられる、概ね幅 10m 以下の狭帯林、③現在の一般的な防雪林と樹種が異なる防雪林、④工事等で測定困難な防雪林を除外し、22 防雪林 39 箇所 50 地点で再計測を行った。よって今回の測定においては極端に成績が悪く、壊滅した防雪林は省かれている。

測定した防雪林の一覧を表 1、図 2 に示す。調査箇所は北海道東部及ぶ北部に多い。これは元々道路防雪林の分布に偏在があるためである<sup>1)</sup>。

再測定では、各防雪林の各樹種の標準木各々 2~4 本について調査を行い、各樹木の樹高、枝下高(4 方向および中心)、枝張(4 方向)、隣接木との距離を測定した。枝下高は枯枝と生枝をそれぞれ測定した(図 3、図 4)。枝張はそれぞれの方向の最長のものを測定した。

測定は、雪氷チーム及び各支所が分担し、平成 26 年 11 月 5 日~平成 27 年 7 月 3 日の間で行った。

表 1 測定した防雪林の一覧

	国道番号	防雪林名
1	276	京極町北岡
2	40	中川町国府
3	39	大空町湖南
4	238	網走市東浜
5	238	紋別市共和
6	238	紋別市小向
7	239	西興部村奥興部
8	334	斜里町朱円
9	391	小清水町水上
10	40	天塩町雄信内
11	40	稚内市サラキトマナイ
12	238	枝幸町岡島
13	238	枝幸町ヤマウス
14	238	浜頓別町山軽
15	44	浜中町茶内
16	243	弟子屈町仁多
17	272	中標津町俵橋
18	334	羅臼町幌萌
19	241	上士幌町居辺
20	241	上士幌町北居辺
21	241	士幌町東雲
22	274	清水町石山



図 2 測定した防雪林



図 3 計測状況

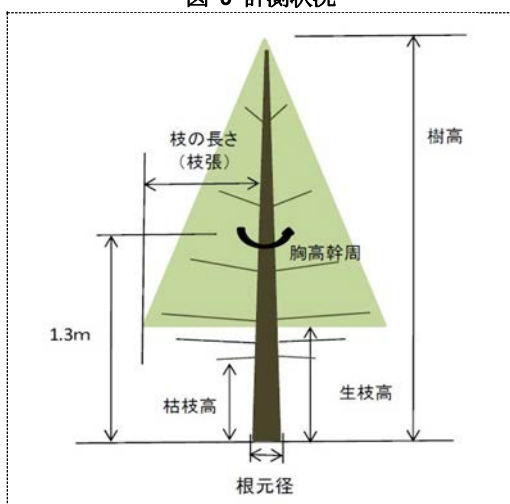


図 4 測定項目の詳細

測定した樹種は全体の4分の3がアカエゾマツであり、ヨーロッパトウヒ、トドマツをあわせた現在道路防雪林で用いられる基本林構成種<sup>1)</sup>が96%を占めた(図5)。

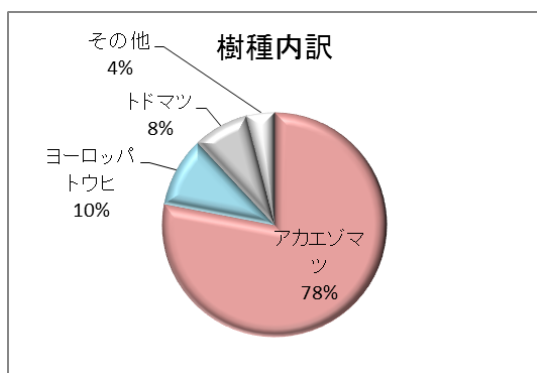


図 5 調査した樹種の内訳

## 2.2. 調査結果

### 2.2.1. 目視等による概況

調査時に目視により確認した防雪林の生育状況について述べる。今回調査地点のうちほぼ全地点で、隣接木との枝の干渉や下枝の枯れ上がりが見られた。この

中には、樹木の成長に伴い間引きが必要と見られる箇所、既に間引きされているものの枝の重なりが生じており今後対策が必要になると見られる箇所、林帯内部の枯れ上がりが大きくあまり手入れがされていないと思われる箇所など様々なものがあった。とくに樹木が密な箇所では、陽光不足に起因して林帯内部の枯れ上がり量が大きいと思われた。

### 2.2.2. 樹齢と樹高の関係

次に樹齢と樹高の関係について、地点ごとに新植年、前回調査時、今回調査時の推移を樹種別に示す(図6)。今回の調査時点で樹齢は約30~40年程度に達し、樹高は10m前後(平均9.7m、最小約4m、最大約16m)に達している。アカエゾマツよりヨーロッパトウヒの方が成長は早い傾向が見られる。トドマツは、データが少ないがアカエゾマツと同程度であった。

図7から図9には樹種別に樹齢と樹高の関係を示した。「道路吹雪対策マニュアル」<sup>1)</sup>には樹齢と樹高の散布図を掲載しているが、10~15年生以下の若年木が中心であり、これらの記録は利用価値が大きいものと期待される。

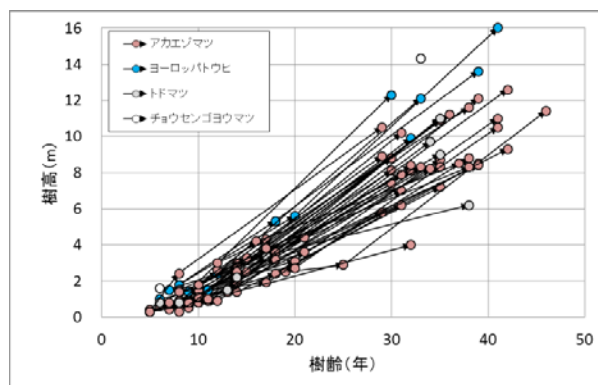


図 6 樹齢と樹高の関係 (地点毎、樹種毎)

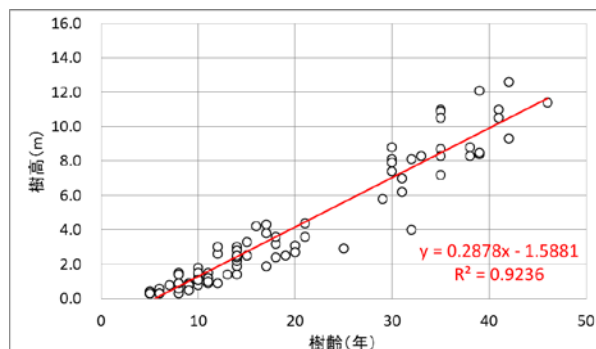


図 7 アカエゾマツの樹齢と樹高の関係

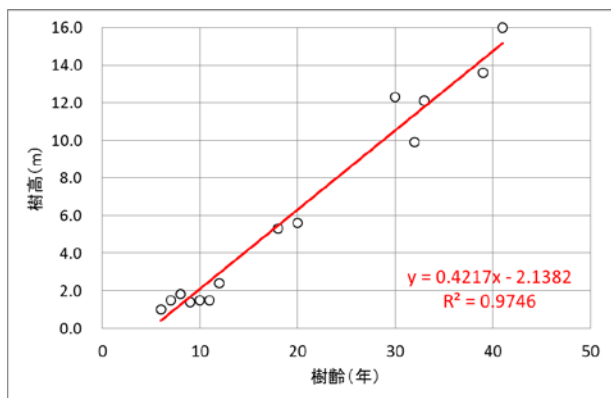


図 8 ヨーロッパトウヒの樹齢と樹高の関係

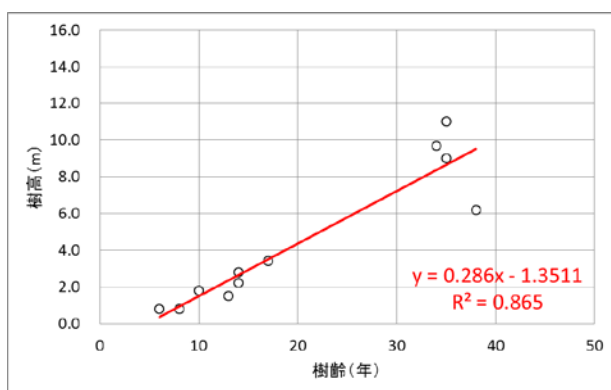


図 9 トドマツの樹齢と樹高の関係

### 2.2.3. 樹木の成長過程と樹冠閉鎖時期

次に前回調査結果と合わせて樹木の成長過程を把握した。ここでは全樹種の調査結果を代表して示す。

林齢と樹高の関係を図 10、林齢と枝張の関係を図 11、樹高と枝張の関係を図 12 にそれぞれ示す。

図中赤線で示しているのが近似曲線であり、赤字の式と数値がその近似式と相関の決定係数である。

林齢と樹高の関係 (図 10) については、今回の調査時点でのデータのばらつきがやや大きいものの、全体としては林齢と樹高は高い正の相関関係があると言える。近似曲線は、多項式近似曲線 (3 次式) の場合が最も相関の決定係数が高かった。

林齢と枝張の関係 (図 11) については、今回の調査時のばらつきがやや大きいものの、全体として相関が高く、指数近似の決定係数が最も高かった。

樹高と枝張の関係 (図 12) については、今回調査時点でのデータのばらつきがやや大きいものの、全体としては樹高と枝張は相関性が高く、累乗近似の決定係数が最も高い結果となった。

樹木の配列 (千鳥配列、方形配列) にもよるが、今回の調査地点における平均的な樹間距離、苗間、列間とも 2 m 程度であったことから、枝張 2 m 以上で隣接木の枝葉が重なり合う樹冠の閉鎖状態が生じるものと

すると、林齢と枝張の関係 (図 11) から、樹冠閉鎖時期の目安としては、全樹種平均で林齢で約 18 年 (樹齢で約 25 年) と考えられる。樹種毎についても全樹種の場合と同様に分析を行い、得られた各樹種の樹冠閉鎖時期の目安を、表 2 に示す。

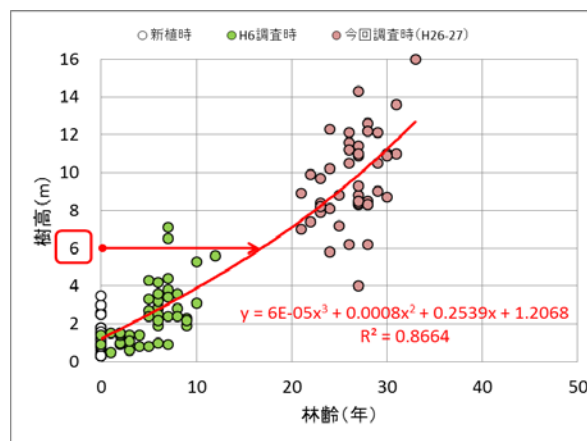


図 10 林齢と樹高の関係

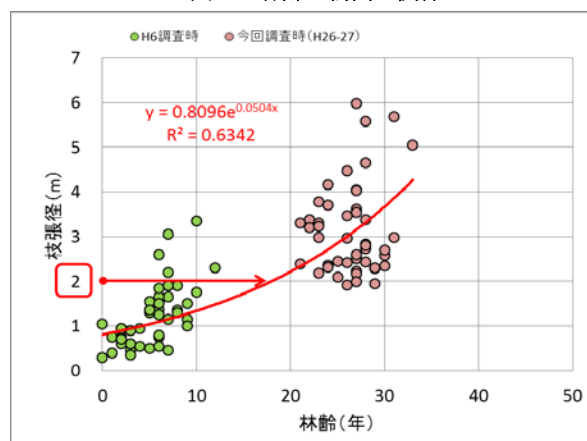


図 11 林齢と枝張の関係

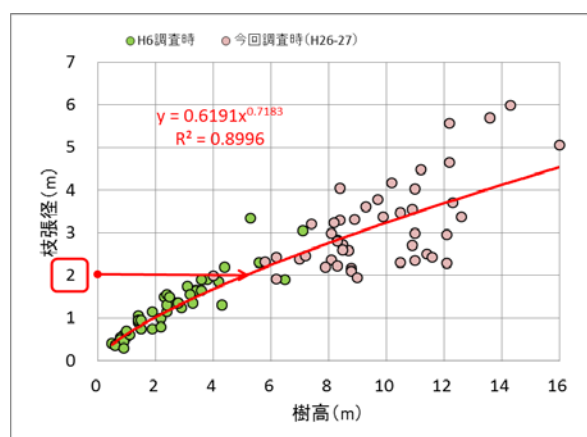


図 12 樹高と枝張の関係

表 2 各樹種の樹冠閉鎖時期 (目安)

		全樹種	アカエゾマツ	ヨーロッパトウヒ	トドマツ
年数	樹齢	25	27	17	24
	林齢	18	20	10	15

### 2.2.4. 下枝枯れ上がりの進行

次に前回調査結果と合わせて枯れ上がりの進行状況を把握した。ここでは全樹種の調査結果を代表して示す。林齢と生枝下高さの関係を図 13、樹高と生枝下高さの関係を図 14、林齢と枯枝下高の関係を図 15、樹高と枯枝下高の関係を図 16 にそれぞれ示す。なお枯上高は図 17 に示すとおり定義した。図中赤線で示しているのが近似曲線である。

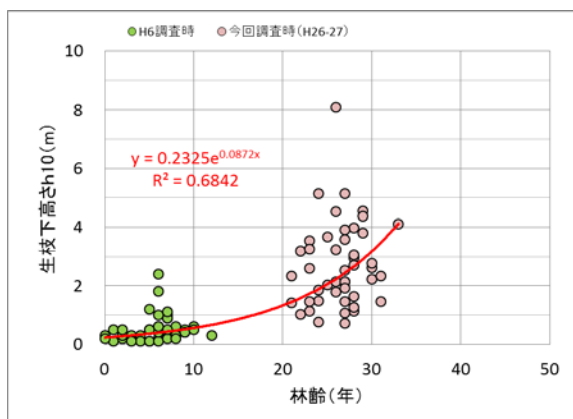


図 13 林齢と生枝下高さの関係

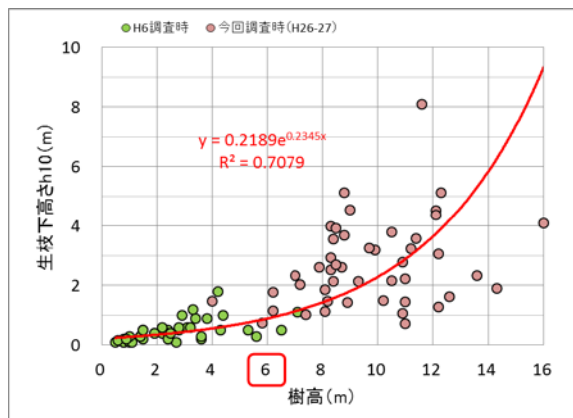


図 14 樹高と生枝下高さの関係

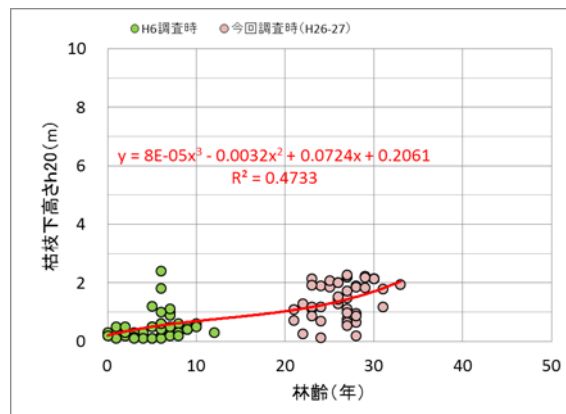


図 15 林齢と枯枝下高さの関係 (H6 は生枝下高さ)

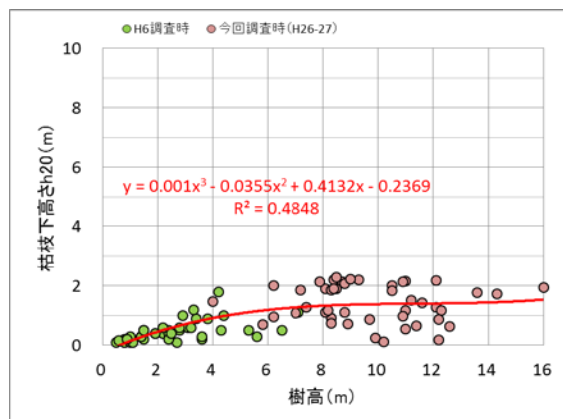
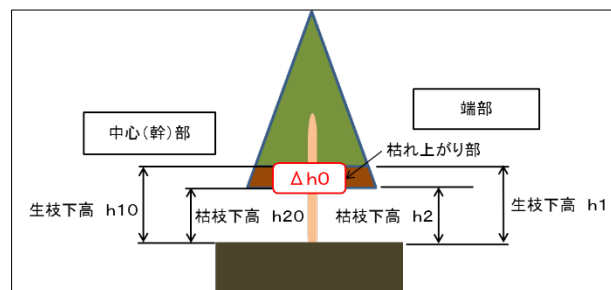


図 16 樹高と枯枝下高さの関係 (H6 は生枝下高さ)



h10 : 中心 (幹) 部の生枝下高さ  
 h20 : 中心 (幹) 部の枯枝下高さ  
 枯上高 :  $\Delta h_0 = h_{10} - h_{20}$   
 但し、平成 6 年度調査時の  $\Delta h_0$  は 0 とした。

図 17 枯上高

林齢と生枝下高さの関係 (図 13) については、林齢が高くなるほど生枝下高さが高くなる傾向が見られ、指数近似が最も決定係数が高かった。樹高と生枝下高さの関係 (図 14) については、樹高が高くなるほど生枝下高さが高くなる傾向が見られた。これらのことから、林齢と樹高の成長とともに枯れ上がりが進行しているとみられる。とくに樹高 6m 前後から生枝下高が大きくなる傾向が読みとれる。一方、林齢と枯枝下

高さの関係(図 15)及び樹高と枯枝下高さの関係(図 16)から林齢が高くなるほど枯枝下高さが若干高くなる傾向が見られたが、枯枝下高さは大きく進行しないと考えられる。

林齢と枯上高の関係(図 18)については、林齢が10～20年を超えると枯上高が大きくなる傾向が見られた。

樹高と枯上高の関係(図 19)については、相関の決定係数は高くはないが、樹高の成長とともに枯れ上がりが進行していることが窺える。

下枝の枯れ上がりは、樹高と枯上高の関係(図 19)から樹高が6mを超えた頃から見られた。上田らの調査によると、ヨーロッパトウヒの防雪林では、樹高6m以下では下枝の枯れ上がりが確認出来なかったことから、樹高6m程度を枯れ上がり開始時期の目安とすると、林齢と樹高の関係(図 10)から全樹種平均で林齢で約17年(樹齢で約24年)と考えられる。樹種毎の下枝の枯れ上がり開始時期の目安を表3に示す。

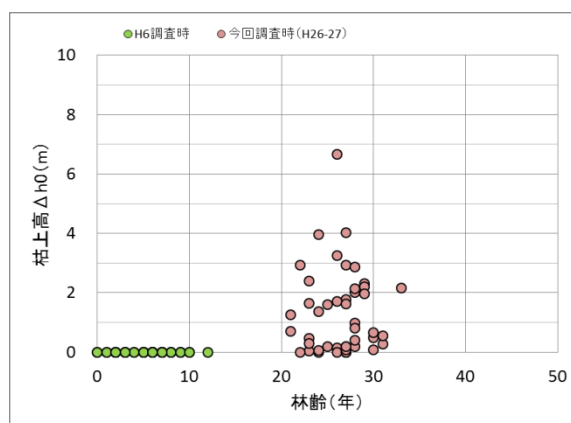


図 18 林齢と枯上高の関係

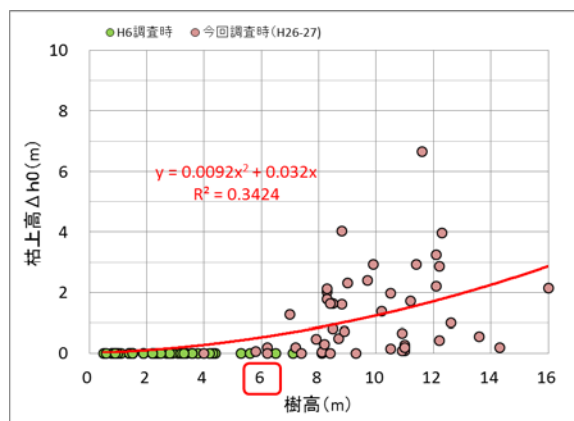


図 19 樹高と枯上高の関係

表 3 各樹種の下枝枯れ上がり開始時期(目安)

		全樹種	アカエゾマツ	ヨーロッパトウヒ	トドマツ
年数	樹齢	24	27	20	26
	林齢	17	18	12	18

## 2.2.5. 樹冠閉鎖時期と下枝枯れ上がり開始時期のまとめ

樹冠閉鎖時期(表 2)と下枝枯れ上がり開始時期(表 3)をまとめると表 4のとおり示される。

樹冠閉鎖時期と、下枝の枯れ上がりが開始するま時期は、0～3年程度の違いしか無く、樹冠閉鎖とほぼ同時期に枯れ上がりが発生するものと考えられる。

表 4 樹冠閉鎖時期と下枝枯れ上がり開始時期(目安)

樹種	樹冠閉鎖時期 (枝張径が2mに達する時期)		下枝枯れ上がり開始時期 (樹高6mに達する時期)	
	樹齢(年)	林齢(年)	樹齢(年)	林齢(年)
全樹種	25	18	24	17
アカエゾマツ	27	20	27	18
ヨーロッパトウヒ	17	10	20	12
トドマツ	24	15	26	18

## 2.3. まとめ

成長を遂げた道路防雪林を今後も長期にわたって維持するためには、樹木の成長に伴い適切な時期に間引きを行うなど継続的な維持管理が必要である。そのためには、樹冠が閉鎖する時期や下枝が枯れ上がる時期を把握する必要がある。

今回、過去に調査した道路防雪林の生育状況と現況とを比較することで樹木の成長過程や枯れ上がりの進行を調査した。得られた知見をまとめると、以下のようになる。

- 1) 枝張、生枯上高、枯枝下高等のデータを用いて、過年度データと現況とを比較することで、隣接木の枝葉が重なり合う樹冠閉鎖時期、下枝の枯れ上がり開始時期等について概ね把握することが可能である。
- 2) 樹冠閉鎖時期の目安としては、全樹種平均で林齢で約18年(樹齢で約25年)と考えられる。また、アカエゾマツでは、林齢で約20年(樹齢で約27年)、ヨーロッパトウヒでは、林齢で約10年(樹齢で約17年)、トドマツでは、林齢で約15年(樹齢で約24年)と考えられる。
- 3) 下枝の枯れ上がり開始時期は樹冠閉鎖時期とほぼ同時期である。

### 3. 模擬実験に向けた基礎データ収集のための防雪機能の調査

下枝の枯れ上がりが見られる道路防雪林のうち、林帯幅が広い防雪林において、防雪機能の調査を行った。

調査は、基礎となる地盤高測定、樹木調査のほか、防雪効果を測定するための 1)固定・連続観測による風速と視程の調査、2)臨時観測による風速・吹雪量調査等を実施した。1)は継続中のため、本稿では 2)の観測結果についてまとめる。

#### 3.1. 調査箇所

一般国道 40 号天塩町雄信内の道路防雪林で調査を行った(図 21)。この防雪林は 1981 (昭和 56) 年から造成が始まり現在も造成中である。総延長は 5km を超えており、北海道の国道における延長の長い道路防雪林の一つである。

この雄信内防雪林の中から、調査地 1 測線を選定した。調査地は、1985(昭和 60)年に造成された区画(旧 KP 181.76 付近)で、目視の範囲では雄信内防雪林において最も樹木の成長が進んだ区画となっている(図 22)。

調査地の林帯幅は約 30m で、ヤナギ、ヨーロッパトウヒが主体となっている。風上側には、造成当初は木の葉型の防雪柵が設置されていたが、調査時点では既に撤去されている。

調査地の冬期主風向は西となっており、道路はほぼ北西～南東方向に通っているため、45 度程度の入射角が想定される。周辺の状況は、風上に牧草地が開けており、冬期主風向には 300m 以上の吹走距離が確保できる状況にある(図 23)ことから、十分に吹雪が発達すると考えられる<sup>1)</sup>。また、風下の道路反対側には防雪林は造成されていない。

林縁には着葉が見られる(図 22)一方、林内は 5m を超える枝葉の枯れ上がりが見られ、高さ 2m 以上の枯枝が樹木に残存している状況にある。(図 24)。



図 20 調査箇所図(雄信内)

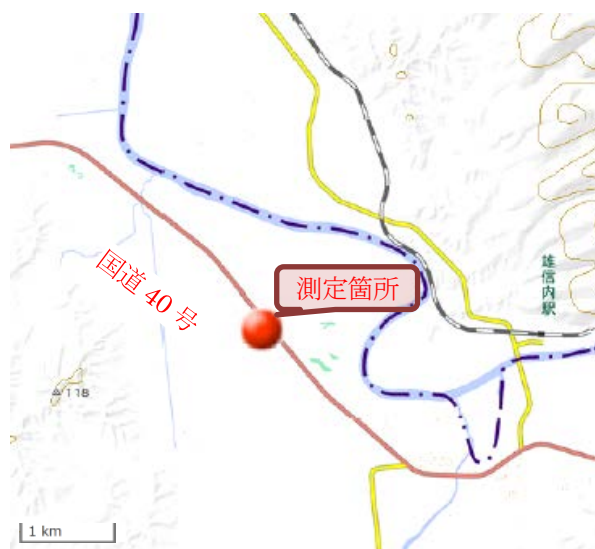


図 21 調査箇所位置図(雄信内)



図 22 調査箇所の状況(道路側)

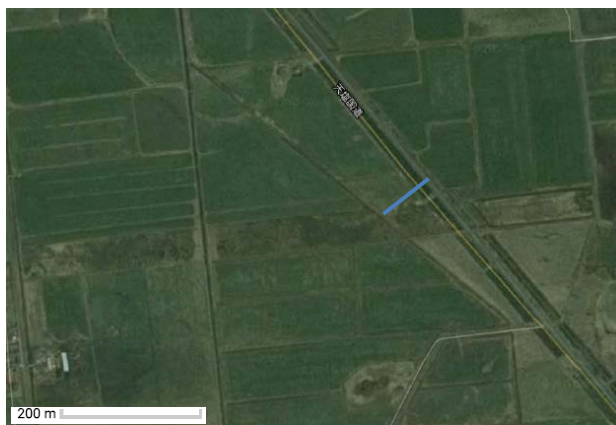


図 23 調査地の周辺状況  
(青線が観測ライン。周辺は牧草地である。)

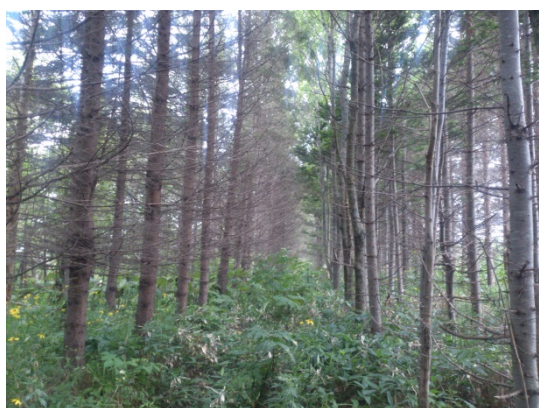


図 24 調査箇所の状況(林内)

### 3.2. 調査方法

林の風上遠点(林縁から 45m)と林内で風速と吹雪量を同時計測し、防雪林による風速低減効果、吹雪捕捉効果を調査した。

測定器材の都合上、風上遠点は場所を固定して計測し、林内は測定毎に場所を移動させた。

風速は雪面上の高さ 7.0m、3.0m、1.0m、0.5m の 4 点で計測し、吹雪量は雪面上の高さ 3.0m、1.0m、0.5m、0.1m と雪面付近(雪面上の高さ 0~0.12m)で計測した(図 25)。計測時間は 5 分から 20 分で、時々風速に応じて、計測可能な吹雪量が捕捉されたと考えられる時間とした。

観測は平成 27 年~28 年の冬期中、3 日間計測したが風向に恵まれない日が多く、林を通過した後に道路に至る西寄りの順風であったのは平成 28 年 2 月 17 日のみであった。



風上遠点での計測

林内での計測

図 25 風速計測の状況

風速計測には、(株)牧野応用測器研究所の三杯型風速計(電接式または光電式)を用いた。また、吹雪量計測には雪面付近以外の 4 つの高さでは筒型吹雪量計を、雪面付近の計測では箱型吹雪量計を用いた(図 26)。



図 26 吹雪量計

(左:筒型吹雪量計、右:箱型吹雪量計)

### 3.3. 観測結果

順風であった 2 月 17 日に観測した結果の一例を示す。

図 27 に観測位置、図 28 に風速の観測事例を示した。図 28 中、固定点とあるものはそれぞれの移動点を計測中の、林風上の固定点における風速を示す。固定点と移動点を比較することで、林による風速変化を把握することができる。

風上の固定点では、計測高さが高くなるにつれて風速が大きくなっている。一方、林内では高さ 3m の風速が最も大きく、高さ 7m での風速は逆に下がる傾向にある。高さ 3m の地点では枯れ枝のみが存在しているため、風速低下の度合いが小さいものと考えられる。一方、高さ 7m の地点では着葉があるため風速が低下している。

この観測事例においても、時間の経過とともにしかし自然風の変動によって観測毎の固定点風速が異なっており、特に林内風下側の No.1 を計測した際の風速が



小さい。そこで、風上遠点の固定点の風速を1として整理したものが図 29 である。

これによると、風速は林内に進入直後に低下するが、高さ 3m 以下については固定点(風上)風速の 6 割程度まで低下した後はほぼ一定となっている。

一方枝葉に着葉の見られる高さ 7m においては林内を横断するにつれてさらに低下し、風上の 3 分の 1 の風速にまで低下していることが分かる。

このように着葉の有無が、風速の低減効果に大きな影響をもたらしている様子がわかる。

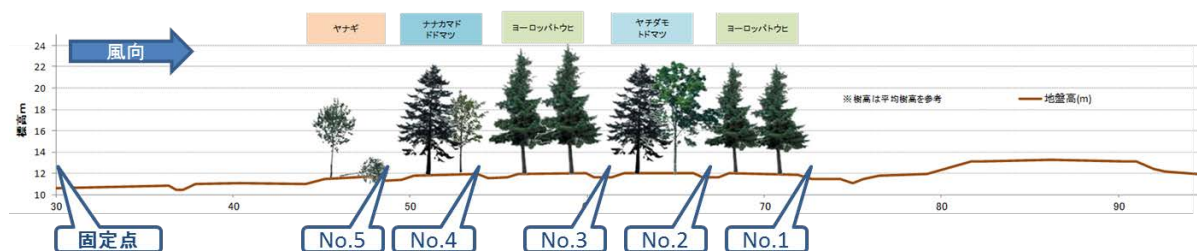


図 27 観測位置

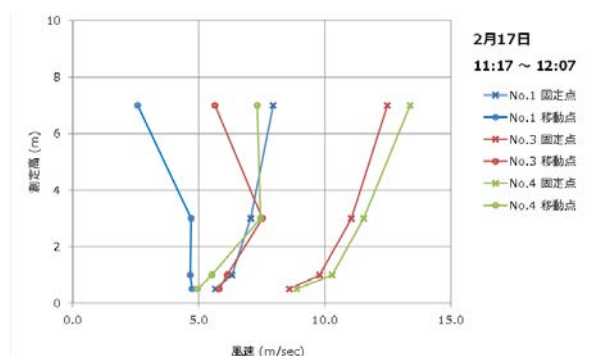


図 28 風速の測定例

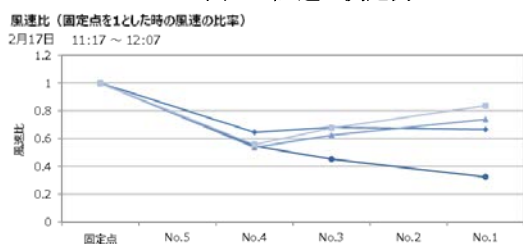


図 29 林内の風速比推移

次に、飛雪量の計測事例について述べる。図 30 は風速(図 28、図 29)と同時に計測した林内外での飛雪流量の値である。凡例は図 28 と同様である。

林風上、林内ともに、高度とともに飛雪流量は減少している。雪の移動は跳躍によるものが大半を占めるため、浮遊による移動が中心となる高度が高い地点では飛雪流量は小さい。

図 31 には図 30 より積分によって求めた地上から

高さ 3m までの吹雪量を示す。林内において風上林縁から遠くなるにつれて、吹雪量は小さくなる。吹雪量に大きく影響するのは跳躍層(高さ 10cm 程度以下)であり、高さの低い地点の風速はNo.4~No.1 でほとんど変化が無いが、吹雪量ではNo.4~No.1 の区間を通過するのに従って減少していることが分かる。

今年度の計測では、冬期主風向からの調査は 1 日に留まっており、来期以降もデータを取得して引き続き解析を進めてゆきたい。

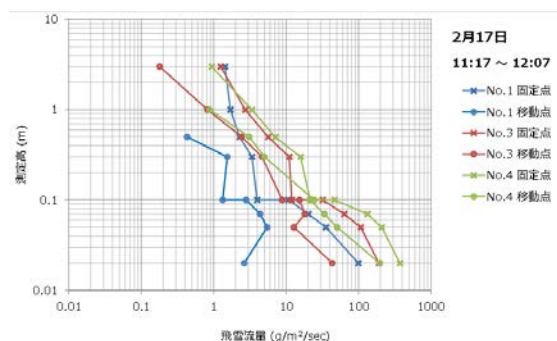


図 30 飛雪流量

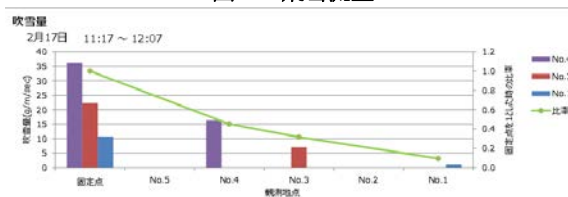


図 31 吹雪量の計算値

#### 4. 間引きによる防雪機能等への影響調査

枯れ上がりの見られる防雪林の管理手法の提案に向けて、間引きによる防雪機能等の変化について調査するため、枝幸町岡島防雪林において風速と視程の計測を行った。

##### 4.1. 調査の目的

道路防雪林の基本林構成種は常緑針葉樹である。防雪効果を発揮するためには、下枝を維持し、樹林下部からの吹き込みを防止することが重要である。下枝は日照不足によって落葉するため<sup>10</sup>、間引きによる密度管理を行う必要がある。

道路防雪林の設計や管理について定めた「道路吹雪対策マニュアル」<sup>1)</sup>には「基本的には隣接する樹木間の枝が触れあいはじめたときに間引きを実施する」よう記述されている。伊東ら<sup>4)</sup>や上田ら<sup>6)</sup>は間引きを行う時期の目安は植栽後 15 ～ 20 年程度と報告しているが、間引き遅れとなっている防雪林も存在している。

一方、道路防雪林の防雪効果についての観測事例は少なく、間引きによる防雪効果の変化を把握するまでに至っていない状況にある。このため、間引きによって防雪効果が低下する懸念は、間引きのタイミングが遅れる原因の 1 つになっていると考えられる。

そこで間引きが必要となるまでに成長した道路防雪林において風速や視程の観測を行い、道路防雪林による防風効果や防雪効果の観測を行った。さらにその一部について間引きを行い、比較することで、道路防雪林の間引きによる防雪効果の変化を観測した。本稿はこれらの内容を報告するものである。

## 4.2. 観測方法

### 4.2.1. 観測箇所

観測は、一般国道 238 号枝幸町岡島の道路防雪林で行った。(図 32～図 35)。

この防雪林は平成 5 年 6 月に植栽されたもので、基本林構成種はアカエゾマツおよびトドマツである。林帯幅は約 30m である。観測時点での樹高は約 7m であった。十分に成長した樹木は隣接木同士の枝葉が接触しており、間引きが必要な時期となっている。

防雪林風上には防雪柵が設置されているが、観測時において地上 1m 程度を残して防雪板は撤去されている(図 35)。



※地理院地図を加工して作成  
※地理院地図: <http://maps.gsi.go.jp/?vs=c1#10/44.856356/142.645798>

図 32 観測箇所位置図(1)



図 33 観測箇所位置図(2)



図 34 観測箇所(枝幸町岡島)  
(左が防雪林)



図 35 観測箇所(防雪林内部)

### 4.2.2. 観測方法

林の風上、林内、風下道路上に風速計と視程計を図 36 のように設置した。設置した測器の種類は表 5 に示す通りである。

測定間隔は 1 秒で、測定高さは 1.8m とした。測定

期間は、2015/2/18～2015/3/12 である。

図 36 において、  
 (地点)A～ 防雪林の影響を受けない風上の地点で比較の基準点  
 (地点)B～ 40%程度間引きされた防雪林風下で、植栽本数は道路横断方向 15m あたり 41 本(約 910 本/ha)  
 (地点)C～ 間引きされていない防雪林風下で、植栽本数は道路横断方向 15m あたり 70 本(約 1550 本/ha)  
 であり、B と C を比較することによって、林の粗密による道路近傍の風速低減効果の違いや視程改善効果の違いを調査した。

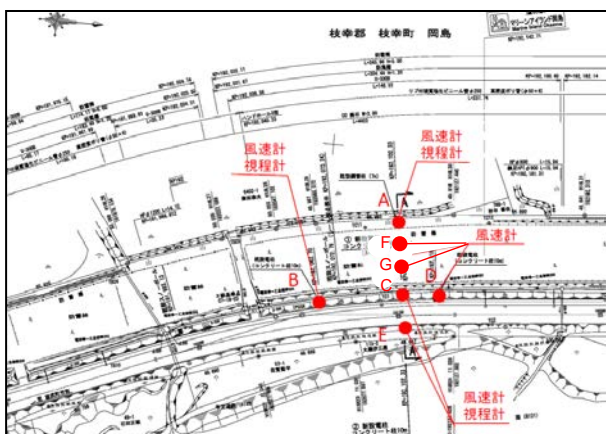


図 36 観測機器設置詳細平面図 (平成 26 年度)

表 5 測定測器

機種	品番
風速計	プロペラ式風速計 コーナシステムまたはノースワン (KDC-S04)
視程計	反射型視程計 明星電気 (TZE-4)

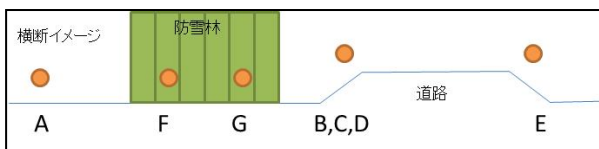


図 37 観測機器設置位置の横断イメージ



図 38 周辺状況

また、(地点)A F G C E は道路と垂直な同一直線上にあり(図 37)、これらを相互に比較することで、風速の低減や回復など道路防雪林周辺における風環境の詳細を調査したものである。

#### 4.2.3. 測定データの処理

測定したデータは瞬間的な変動が大きいことから、防雪施設の効果を判定するには一定時間を平均するなどの処理が必要である。

風速については山田ら<sup>12)</sup>を参考に、10分平均値を解析に用いた。風向については、10分間最多風向(16方位)を採用した。

視程については、視程計が光学的機器であり、測定誤差が極大化するため、10分中央値を用いた。視程計から出力される電圧値から視程への換算式は、吹雪時での測定による福沢ら<sup>13)</sup>に因った。

さらに吹雪時の道路防雪林の性能を評価するため、竹内ら<sup>14)</sup>を参考に、道路防雪林風上の観測点(A)における測定データ(10分値)を以下の条件で抽出した。風速の高度補正は対数則を用い、粗度係数は雪面の0.00014mを用いた。

- 1) 風向風速: 高さ7m換算で、風速5m/s以上
- 2) 視程: 1)に加えて、視程1000m未満

この抽出データから、風速比および視程比を算出した。

風速(視程)比は、各観測点での観測地点 A に対する風速(視程)の比である。風速比は小さい方が道路防雪林による防風効果が高いことを示し、視程比は逆に大きい方が道路防雪林による視程改善効果の大きいことを示す。

風速比および視程比は入射角別に整理し、風速比の平均値、視程比の中央値を算出した。

#### 4.3. 観測結果(風速)

##### 4.3.1. 林の粗密および入射角と風速との関係

図 39 に、風の入射角別に風速比(平均値)を示す。入射角は紋別方向を 0 度として道路の方向とのなす角とした(図 38)。

図 39 によると、直交風となる入射角 90 度のみならず、斜行風となる入射角 45~135 度で風速比は小さい傾向にある。道路平行風となる 0 度では風速比が 1 を超え、道路防雪林の効果は確認できない。一方、入射角 22.5 度の鋭角での入射では風速比は 0.41~0.71 であり、角度の浅い場合でも、平行風以外では道路防雪林による一定の防風効果が期待できる。

吹雪対策施設のうち、防雪柵では斜行風では効果が低下することが知られているが<sup>15)16)</sup>、道路防雪林の防風効果は斜行風でも有効であるといえ、防雪柵が不適な場合に道路防雪林が有効な選択肢になり得ると考えられる。

ただし今回の測定の多くは直交風からやや斜行風の範囲に多数あることに留意する必要がある(図 39 下)。

檜山<sup>16)</sup>によると、林帯前後の風速は過密な林帯では林帯通過前から減風をはじめ、林帯を通過した直後に減風のピークを迎え、その後林縁からの距離とともに増加することが示されている。斜行風の方が、林帯内を通過する距離が伸長するため減風効果が大きく、一方林縁から観測点である道路までの距離も伸長するため風速が回復しやすくなることから、結果的に相殺されて直交風と同程度の風速比となったと思われる。

風速比は林帯が密な観測点 C が林帯が疎な D 地点に比べて低く、防風効果が大きいことがわかる。また入射角 45 度~135 度の範囲において、林帯が密な C 地点で風速比が 0.28~0.42、林帯が疎な B 地点で 0.36~0.61 となっている。なお、伊東<sup>18)</sup>は斜行風において入射角 45 度程度が減風効果が大きいことを示しており、今回の観測結果において同様の傾向が認められた。

林帯幅 30m 級の比較的生育の良い道路防雪林において移動観測車により道路上を観測した事例<sup>19)</sup>では、対向 2 車線道路の林帯に近い車線で、風速比が 0.1 ~ 0.4 程度であり、密な林帯の風速比がこれに近い値になっている。

伊東<sup>20)</sup>は既往の 11 論文から、防雪林以外も含めた樹林帯による減風効果について林帯幅と風速比の関係

を取りまとめている。これによると林帯幅 30m 程度の風速比は 0.2~0.6 程度であり、今回観測した密な林帯においてはこの結果の中央から下限値、疎な林帯においては上限値近くに位置することとなる。この結果から間引きによる防風効果低下の影響は小さく、間引き後の道路近傍の風速比は、他の林帯における既往観測事例の範囲に含まれる。

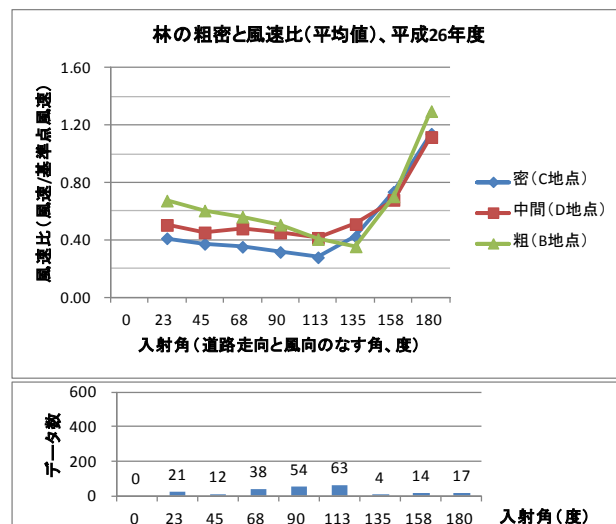


図 39 林の粗密・風の入射角と風速比の関係

##### 4.3.2. 道路横断方向に沿った風速比の推移

次に、道路横断方向の風速比の推移について述べる。図 40 は、林風上の基準点(A)からの距離と林内の風速観測点での風速比を示したものである。上段には直交風及びそれに近い角度での入射角(以下、「ほぼ直交風」と記す。)を、下段にはそれ以外の斜行風(以下、「斜行風」と記す。)の値を示した。これらの図からは、入射角 67.5 度~112.5 度の風速比は、角度に因らず、ほぼ同じ値を示している。

ほぼ直交風、斜行風ともに林に進入直後に大幅に風速が低下し、その後徐々に低下が続く状況が読み取れる。ほぼ直交風では風速比の最小値は道路風上(C)であるが、斜行風の場合林帯内の風下(D)である。斜行風によって林内の通過距離が増加するため、風速比の最小値を示す箇所が直交風に比べて風上寄りに移動すると考えられる。

道路上では斜行風の場合、直交風に比べて風速比の回復が大きい。こちらも林縁からの距離が大となるためと考えられる。

これらの結果から、道路風上近傍で風速比は直交風、斜行風にかかわらず同程度(0.4 程度)の風速比を示すが、道路風下近傍では斜行風の方が大きな風速比を示している(直交風 0.5 程度、斜行風 0.6~1.0 程度)。

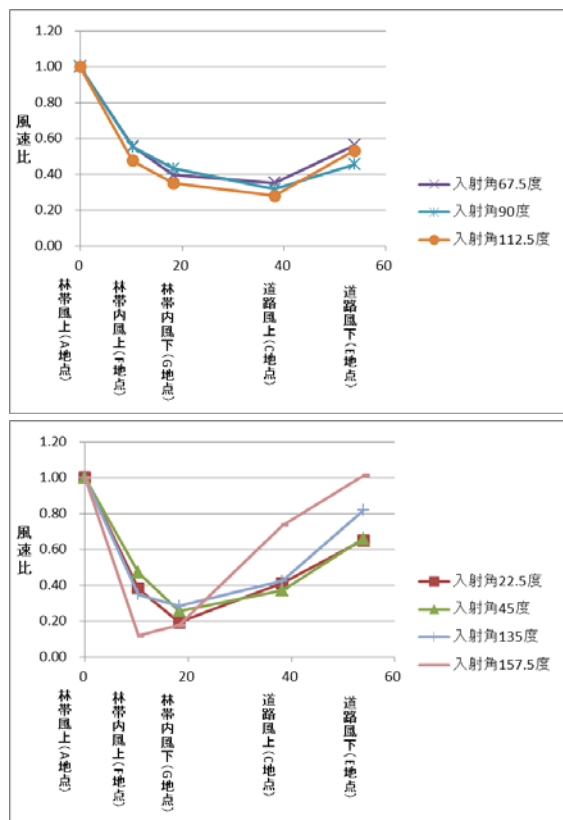


図 40 道路横断方向の風速比 (上段:直交風に近い場合、下段:斜行風)

#### 4.4. 観測結果(視程)

図 41 に風の入射角別に視程比(平均値)を示す。入射角は風速比と同様に、道路の方向(紋別方向)とのなす角とした(図 38)。

視程比は直交風および直交に近い斜行風(68度~113度)の場合において、B地点で1.57~1.89、C地点で1.65~1.73で、粗密にかかわらず差がない状況であった。

伊東ら<sup>18) 20)</sup>は林帯幅30m級の道路防雪林において、粗密の異なる地点で防雪林前後の視程を観測しているが、これによると粗密の違いにより視程比が異なり、密な林帯の方が視程比が高く、視程が改善する結果となっており、今回の観測とは異にしている。但し、伊東らの観測は道路風下近傍で行ったものである。

また斜行風の場合は直交風に比べて視程比が大きい傾向が見られ、疎な林帯の方が視程比は大きい状況にあった。この理由は観測時の吹雪や気象の差異によるものなのか、林帯の形態よるものかなど現在のところ不明であり、今後子細を検討する必要があると考えている。

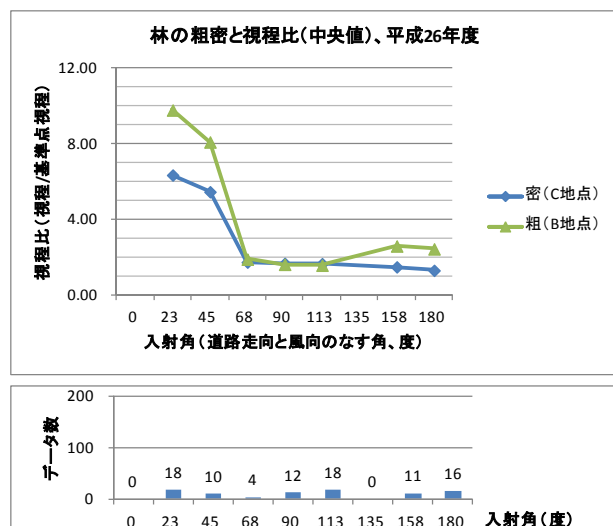


図 41 林の粗密・風の入射角と視程比の関係

#### 4.5. まとめ

本研究では、北海道北部の十分に成長した道路防雪林において、防雪林内外において風速と視程の観測を行い、道路防雪林による防雪効果を観測した。一部は隣接木の枝同士が接触する状況になっているので、間引きを行い、未施工区と比較を行った。

その結果、以下のことが明らかとなった。

観測した道路防雪林では、入射角45度程度の斜行風で直交風と同程度の防風効果が認められる。また道路の方向に近い角度の浅い斜行風でも、道路との平行風以外であれば、一定の防風効果が認められた。

間引きによって林の風上に対する道路風上近傍の風速比が増加する傾向が認められた。ただし、間引き後の風速比も、他の林帯において観測された風速比の範囲に含まれている。

間引き前の密な林帯での横断的な風速観測結果によると、ほぼ直交風、斜行風ともに林帯進入直後に風速が大幅に低下し、その後は徐々に風速低下が続く状況がわかった。斜行風の場合、最も風速が低下する位置は道路に垂直な横断面で見た場合、ほぼ直交風に比べて風上側に移動した。

間引き前の密な林帯での横断的な風速観測結果によると、道路風上近傍の観測地点では、入射角45度程度の斜行風~直交風で、風速比はほぼ同様になる一方、道路風下近傍では斜行風の方がほぼ直交風の場合に比べて風速比が高くなる傾向が認められた。

道路風上近傍での視程観測では、直交風および直交に近い斜行風では間引き前後で視程比に差はみられない状況にあった。

道路風上近傍での視程観測では、斜行風の場合より

ほぼ直交風より視程比が大きい結果であった。

#### 4.6. まとめ

今回、道路防雪林の間引き前後の風速比と視程比の観測を行った。特に道路の風下ではほぼ直交風時と斜行風時の風速比に差異が見られるため、その詳細については解明を進めたい。

#### 5. 謝辞

最後に、本研究の調査を通じて北海道開発局、同 留萌・稚内・網走・釧路の各開発建設部および管内道路事務所の協力を得た。ここに記して感謝の意に代えた。

#### 参考文献

- 1) 独立行政法人 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、2011
- 2) 伊東靖彦：防雪林の課題について - 雪氷研究大会（2009・札幌）の企画セッションにおける討論を基に - ，日本雪工学会誌，26(1)，pp. 9-15，日本雪工学会，2010
- 3) 伊東靖彦・山田毅・武知洋太・加治屋安彦・瀬倉隆之・孫田敏：道路防雪林の生育阻害要因に関する調査，寒地技術論文・報告集，22，pp. 185-190，（社）北海道開発技術センター，2006
- 4) 伊東靖彦・福沢義文・松澤勝・加治屋安彦・孫田敏・阿部正明：道路防雪林の林型に関する考察，寒地技術論文・報告集，18，pp. 318-323，（社）北海道開発技術センター，2002
- 5) 網走開発建設部網走道路事務所・（株）開発工営社：平成18年度一般国道39号美幌町美幌バイパス防雪対策検討外一連業務報告書2006
- 6) 上田真代・渡邊崇史・松澤勝：道路防雪林の成長予測と下枝の枯れ上がり時期について，寒地技術論文・報告集，28，pp. 216-221，（社）北海道開発技術センター，2012
- 7) 北海道開発局開発土木研究所・（財）北海道森林保全協会：防雪林育成・管理業務報告書，1996
- 8) 北海道開発局開発土木研究所・（財）北海道森林保全協会：防雪林育成・管理手法検討業務報告書，1995
- 9) 西村浩一：吹雪の計測，ながれ，28，pp. 455-460，2009
- 10) 堀大才・岩谷美苗：図解 樹木の診断と手当て - 木を診る木を読む木と語る - ，（社）農林漁村文化協会，p32，2002
- 11) Takeuchi Masao: Vertical Profile and Horizontal Increase of Drift-Snow Transport. J, Glaciology, 26, pp. 481-492, 1980
- 12) 山田毅・伊東靖彦：吹雪対策施設のための風速計測方法文献調査，第24回雪工学会大会論文報告集，pp. 39-40，日本雪工学会，2007
- 13) 福沢義文・竹内政夫・石本敬志：反射式視程計による視程計測，北海道の雪氷，6，日本雪氷学会北海道支部，p7，1987
- 14) 竹内政夫・石本志・野原他喜男・福沢義文：降雪時の高い地吹雪の発生限界風速，昭和61年度日本雪氷学会全国大会予稿集，p252，日本雪氷学会，1986
- 15) Tabler. R. D.: Snow fence handbook, Tabler and associates p 157, 1987
- 16) 伊東靖彦・松沢勝・加治屋安彦：現地観測による吹き止め式防雪柵の防雪効果について，北海道の雪氷，22，pp. 53-56，（社）日本雪氷学会北海道支部，2003
- 17) 檜山徳治：：森林と災害シリーズ内陸防風林，林業技術，309，pp. 23-26，1967
- 18) 伊東靖彦・山田毅・武知洋太・松沢勝：：樹木形態の異なる道路防雪林の視程障害緩和効果，第23回日本雪工学会大会論文報告集，p15，日本雪工学会，2006
- 19) 武知洋太・松澤勝・加治屋安彦・伊東靖彦・大畑哲夫・山田知充・西村浩一：枝葉量の異なる道路防雪林の減風効果について，2004年度日本雪氷学会全国大会予稿集，p93，（社）日本雪氷学会，2004
- 20) 伊東靖彦：道路防雪林の視程障害緩和効果について，寒地土木研究所月報，664，pp. 34-39，（独）土木研究所寒地土木研究所，2008

## A STUDY ON THE FUNCTION IMPROVEMENT OF SNOW WOODS

**Budget** : Grants for operating expenses  
(general account)

**Research Period** : FY2015-2018

**Research Team** : Snow and Ice Research Team  
Machinery Technology Research Team  
Cold-Region Technology Promotion Division

**Author** : MATSUZAWA Masaru

ITO Yasuhiko

WATANABE Takashi

SUMITA Noriyuki

YAMAZAKI Takashi

KODA Masaru

TAKADAMA Namio

SATO Takahiro

WATANABE Jun

SUZUKI Satoshi

### **Abstract :**

In the cold, snowy regions Hokkaido, such as occupied snowstorm for 40% of road closures cause in the national highway, has occurred many winter traffic failure due to snowstorm, snowstorm measures have become an important issue.

Snow forest can expect a high effect as a blowing snow countermeasures for planting seedlings, requires ongoing development management. And grown, even after exhibit certain snow functions, performs thinning of trees at an appropriate time for a snowstorm suppression, it is necessary to maintain the inferior branch.

But by the withered-up of the lower branch by thinning out late, I have begun case a decrease of snow function is concern some. Therefore, to clarify the impact of the snow function due withered-up of the lower branch, because of the snow improvements to the snow forest thinning delay, to perform a study of the auxiliary snow fence, etc. countermeasure technology, thinning method in accordance with the growth stage of the snow forest to suggest a management technique, such as the construction of snow forest with a stable snow features, the present invention aims to improve function.

### **Key words :**

Snow, snowstorm, road, snow forest, thinning, density management, weeping high,