

ライフサイクルに応じた防雪林の効果的な育成・管理手法に関する研究

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 23～平 26

担当チーム：雪氷チーム、寒地機械技術チーム
寒地技術推進室

研究担当者：松澤 勝、金子 学、上田 真代、
木部 正一、渡邊 崇史（雪氷）

住田則行、山崎 貴志、中村 隆一（機械）

高玉波夫、下道純、渡辺淳、鈴木哲（推進室）

【要旨】

本研究は、道路防雪林造成時の望ましい規格を提示し、防雪林の初期成長期における生育障害を減少させること、および樹木の成長過程に応じた防雪林の育成・管理手法の提案により、防雪林の効果的な機能発現に寄与することを目的としている。

平成 25 年度は、植栽基盤の土壌の状態を把握するため土質室内試験を行い、その結果、道路防雪林が植栽基盤としては不適な状況にあり、造成時の対策が必要であることが確認できた。また、道路防雪林の防雪効果を把握するため、既存林において、視程、風向風速を計測した。さらに、防雪効果を定量的に把握するための指標として用いるために、プラントキャノピーアナライザーと魚眼レンズによる全天画像を用いた葉面積指数の推定を行い、双方の手法に大きな差が生じないことを確認した。また、模型林を用いた風洞実験により、千鳥間引きは列間引きに比べ、風向に因らず防風機能が安定して発揮されることが認められた。

キーワード：道路防雪林、植栽基盤、土質試験、葉面積指数、防雪機能、風洞実験

1. はじめに

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、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。防雪林は強風、多雪地帯において人工的な生育基盤上に造成されるため、過酷な生育環境におかれ、更に持続的な防雪効果の維持が必要とされる。しかし、それに適した生育基盤の造成方法や間引きなどの管理手法は確立されていない現状にある。

本研究は、(1)樹木の生育不良原因判定手法の開発、(2)造成時の生育基盤等の望ましい規格の提示、(3)長期的視点に立った防雪林の育成・管理手法の提案を目標として取り組んでいる。

平成 25 年度は、造成時の生育基盤等の望ましい規格を提示し、防雪林の初期成長期における生育障害の減少に寄与すること、および樹木の成長過程に応じた防雪林の育成・管理手法の提案により防雪林の効果的な機能発現に寄与することを目的として調査

や実験を行った。本稿はこれらの既存防雪林の現地調査や防風機能に関する風洞実験について報告するものである。

2. 造成時における望ましい生育基盤の検討

2.1 調査対象防雪林

道路防雪林の生育状態と植栽基盤の関係を把握するため、道北の 2 箇所の防雪林（A、B 防雪林）を対象として土質試験を実施した。各防雪林においては、生育良好区と不良区に林帯幅×20m 程度の方形区を設定し、方形区内の枯死木や植栽跡を含む全ての樹木（20 本程度）を対象に樹高や幹周等を計測している。調査対象の防雪林の位置を図 - 1 に、概要を表 - 1 示す。

2.2 土質試験の概要

道路防雪林の土壌の状態を把握するため、生育良好および不良区画の平均的な樹木の側に、深さ 60cm 程度の試孔を掘り、その断面の 4 層（表層、深さ 10cm、20cm、40cm）から土壌を採取し、土質試験を行った。実施した試験項目は、化学試験として、pH(H₂O)、腐

ライフサイクルに応じた防雪林の効果的な
育成・管理手法に関する研究

植含有量、全窒素含有量、物理試験として、三相分布と土性（土の粒度試験）である。

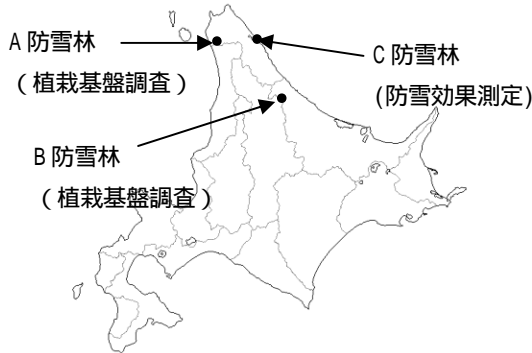


図 - 1 調査対象防雪林位置図

表 - 1 調査対象防雪林の概要

	A防雪林		B防雪林	
	生育良好区	生育不良区	生育良好区	生育不良区
林帯幅(m)	32.0		17.6~21.6	
全体延長(m)	1,870		942	
植栽配置	列間: 2.4m, 苗間: 1.2m 方形植栽		1列2条植栽 列間: 3.0m, 苗間: 2.0m 条間: 1.0m 千鳥植栽	
植栽時の樹高(m) (アカエゾマツ)	0.5		0.9	
植栽年度	H17年度(2005)		H4年度(1992)	
生育状況	生育良好区	生育不良区	生育良好区	生育不良区
樹高(m)	1.68	1.08	4.64	2.97
下枝の高さ (m)	枯枝	0.26	0.2	—
	生枝	0.29	0.22	1.09
幹周 (地表から1.3m高さ)	0.05	—	0.23	0.13
枝張り	W1	0.54	0.39	0.98
	W2	0.55	0.38	0.92
	W3	0.55	0.37	0.99
	W4	0.54	0.37	1.01
調査本数(本)	30	24	20	20

2.3 土質試験の結果

土質試験の結果一覧を表 - 2 に示す。

表 - 2 土質室内試験結果一覧

調査地	生育状況	深さ	pH (H ₂ O)	腐植含有量 (%)	全窒素含有量 (%)	三相分布			粒度試験 (国際法) 土性
						固相%	液相%	気相%	
A 防雪林	良好	-10cm	6.1	-	-	55	35	10	LS 壤質砂土
		-20cm	6.1	1.12	0.072	53	38	9	LS 壤質砂土
		-40cm	6.0	-	-	55	40	5	LS 壤質砂土
	不良	-10cm	6.2	-	-	57	33	9	LS 壤質砂土
		-20cm	6.0	0.61	0.045	58	31	13	LS 壤質砂土
		-40cm	6.1	-	-	55	40	5	LS 壤質砂土
B 防雪林	良好	-10cm	8.0	-	-	65	22	13	SCL 砂質堆積土
		-20cm	8.1	0.79	0.042	43	53	4	SCL 砂質堆積土
		-40cm	7.6	-	-	42	45	13	SL 砂壤土
	不良	-10cm	8.2	-	-	68	23	9	SCL 砂質堆積土
		-20cm	8.3	0.73	0.051	64	22	14	SCL 砂質堆積土
		-40cm	8.3	-	-	67	26	7	SCL 砂質堆積土

2.3.1 pH (H₂O)

表 - 3 は、各調査区の pH とその評価である。樹木は土壌酸度の変化に鈍感なことが多く、一部の品種を除き、神経質になる必要は少ないが、ストレス要

因を少なくするためにも pH が適当な範囲にあることが望ましいと言われている¹⁾。「植栽基盤整備技術マニュアル」¹⁾に基づく、A防雪林は pH が微酸性で通常の植物の生育適性範囲内 (pH(H₂O)5.6 ~ 6.8) であるが、B防雪林の土壌はアルカリ性で樹木の生育には不適と判断された。B防雪林の生育良好区では、アカエゾマツだけではなく、隣接するプンゲンストウヒでも葉の褐変が生じており(写真 - 1)、何らかの影響が生じている可能性がある。

表 - 3 pH (H₂O) の評価

深さ	A防雪林		B防雪林	
	生育良好	生育不良	生育良好	生育不良
-10cm	6.1	6.2	8.0	8.2
-20cm	6.1	6.0	8.1	8.3
-40cm	6.0	6.1	7.6	8.3

※ pH(H₂O)の評価 (植栽基盤整備技術マニュアルに基づく)

- 不良 : 4.5以下、8.1以上
- 可 : 4.5~5.5、6.9~8.0
- 良 : 5.6~6.8



写真 - 1 B防雪林 (生育良好区) の褐変事例 (左/アカエゾマツ、右/プンゲンストウヒ)

2.3.2 腐植含有量

動植物の死骸等が土壌中で微生物や化学的な作用で分解合成されて作られた暗色無定型な有機高分子化合物を腐植といい、植物の栄養となりうるものである¹⁾。表 - 2 に示すとおり、本調査区のいずれの地点も 0.61 ~ 1.12% と、「植栽基盤整備技術マニュアル」¹⁾に定める目標値 2% に比べ小さい値となっている。腐植含有量は植物に必須のものではないが、防雪林の防雪機能を早期に発現させるためには、造成時に対処することが望ましいものと考えられる。

2.3.3 窒素含有量

窒素は植物にとって最も重要な元素であり、窒素が欠乏すると葉緑素が生成されず生育は止まり、葉の黄変や葉枯れを生じる²⁾。樹林地の場合は収穫物を得るわけではないので、窒素含有量の目標値は設定されていない。参考として、「北海道施肥ガイド2010」³⁾の「作物栄養診断基準・乾物中基準値 リンゴ」の値、2.2~2.8%と比較すると、本実験で得られた値(表-2)は0.042~0.072%であり、かなり低い値である。

2.3.4 土性

土性とは、土壌を粒径組成(土壌粒子の大きさ別(粘土、シルト、砂)の重量割合)に基づき分類したものであり(表-4)植栽基盤としては、砂壤土または壤土が望ましいとされる¹⁾。図-2に各調査区の土性の三角図表を、図-3に「土壌地理学特論」⁴⁾による生育基盤の土性と樹木植栽の評価を示す。A防雪林は2調査区ともに壤質砂土であり、本来ならば土壌改良が必要と判断される。一方、B防雪林は砂質埴土壌、砂壤土で樹木には環境ストレスとして作用することはない。なお、各防雪林の生育良好区と不良区の土性に差異は確認されなかった。

表-4 国際土壌学会法による土性区分¹⁾

土性	略号	粘土(%)	シルト(%)	砂(%)
重埴土	HC	45~100	0~55	0~55
砂質埴土	SC	25~45	0~25	55~75
軽埴土	LiC	25~45	0~45	10~55
シルト質埴土	SiC	25~45	45~75	0~30
砂質埴壤土	SCL	15~25	0~20	50~85
埴壤土	CL	15~25	20~45	30~65
シルト質埴壤土	SiCL	15~25	45~85	0~40
壤質砂土	LS	0~15	0~15	85~95
砂壤土	SL	0~15	0~35	65~85
壤土	L	0~15	20~45	40~65
シルト質壤土	SiL	0~15	45~100	0~55
砂土	S	0~5	0~15	85~100

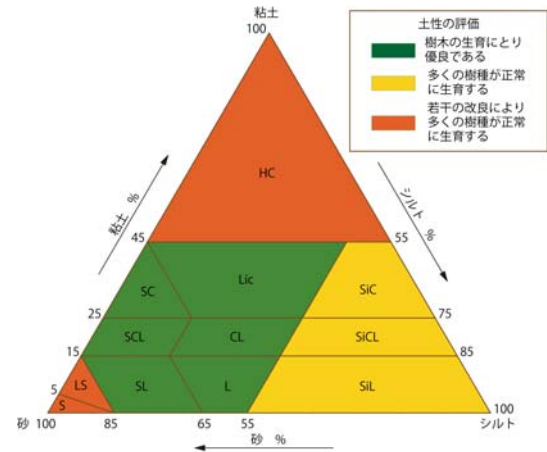


図-3 生育基盤の土性と樹木植栽の評価
(「土壌地理学特論」⁴⁾による)

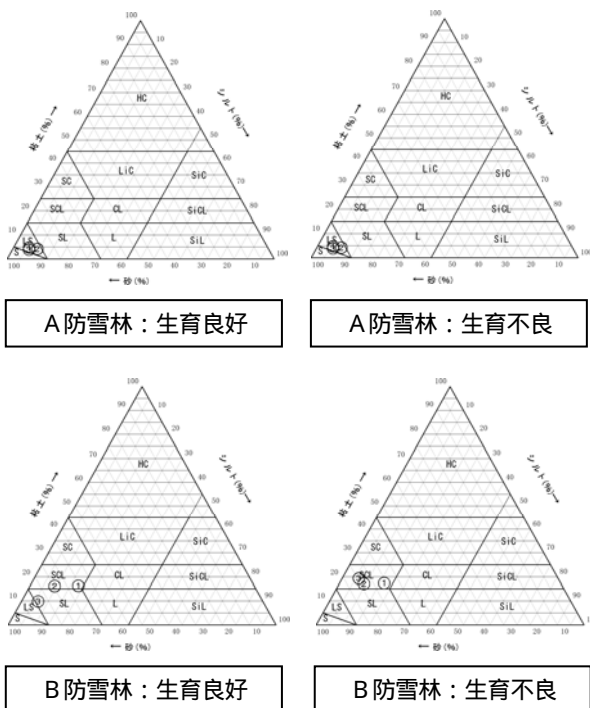


図-2 各調査区の土性三角表分布図

2.3.5 三相分布

土の個体、水、空気を固相、液相、気相といい、体積比で土壌の占有割合を示したものを三相分布という²⁾。図-4は各調査区の深さごとの三相分布である。

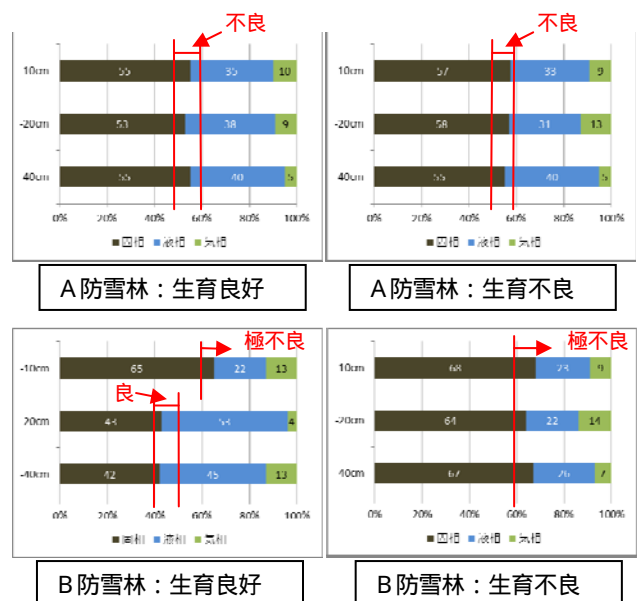


図-4 各調査区の三相分布

日本造園学会の報告⁵⁾によると、植栽基盤として、
鈹質土壌（火山性土壌以外）の場合には、固相 40%
以下を「優」、40~50%を「良」、50~60%を「不良」、
そして 60%以上を「極不良」と評価している。
これを評価の指標として用いると、A 防雪林は両区
とも「不良」と判断され、B 防雪林においては、生
育良好区は深さ 10cm の表層は「極不良」であるが、
その他の深さでは「良」、生育不良区は全層で「極不
良」と判断された。固相の割合が高いほど土壌は緻
密であり、硬いことを示している。このことから、
B 防雪林では、土壌の硬さが一つの要因となり、生
育の差に現れたものと推測される。

3. 防雪林の防雪効果と育成/管理手法に関する検討

3.1 防雪林の状態を推定する指標

道路防雪林を管理する上で、間引きや更新の目安
とするために防雪効果の把握が重要となる。しかし、
直接計測するためには、複数の測器の設置や、数冬
期の観測が必要となる。そこで、道路防雪林の防雪
効果を推定する指標として、道路防雪林の葉面積指
数 (LAI) に着目した。葉面積指数 (LAI) とは、単
位地表面積当たりの葉面積の総和 (m^2/m^2) である。
樹木の総葉面積を把握するには、樹木の総葉数を計
測し、個葉面積と乗ずる必要があるが⁶⁾、樹林の葉
面積指数を求めるには現実的ではない。そこで、既
存防雪林において、プラントキャノピーアナライザ
ーによる測定と、全天画像を用いた解析の 2 種類の
光学的手法により葉面積指数 (LAI) を推定し、両者
が使用可能であるか検討を行った。

3.1.1 葉面積指数の測定箇所

葉面積指数推定は、道北地方の道路防雪林 (C 防
雪林、図 - 1) の 2 区画で実施した。各調査区画の
樹木の植栽状態は図 - 5 に示すとおりである。表 -
5 に各区画の列ごとの平均樹高や枝張を示す。なお、
当箇所では、防雪効果の測定も併せて実施している。
その結果は 3.2 節で述べる。

表 - 5 調査区画の樹木現況

列	C-1			C-2		
	平均樹高 (m)	平均枝張 (m)	平均下枝高 (生枝高) (m)	平均樹高 (m)	平均枝張 (m)	平均下枝高 (生枝高) (m)
r-1	3.80	0.97	1.44	5.41	1.21	1.31
r-2	3.25	0.86	1.08	5.66	1.23	1.33
r-3	5.24	1.19	1.48	6.25	1.27	1.53
r-4	5.21	1.13	1.57	6.03	1.25	1.47
r-5	3.58	0.88	1.05	6.23	1.32	1.14
r-6	4.59	1.04	1.32	5.51	1.18	0.83
平均	4.28	1.01	1.32	5.85	1.24	1.27

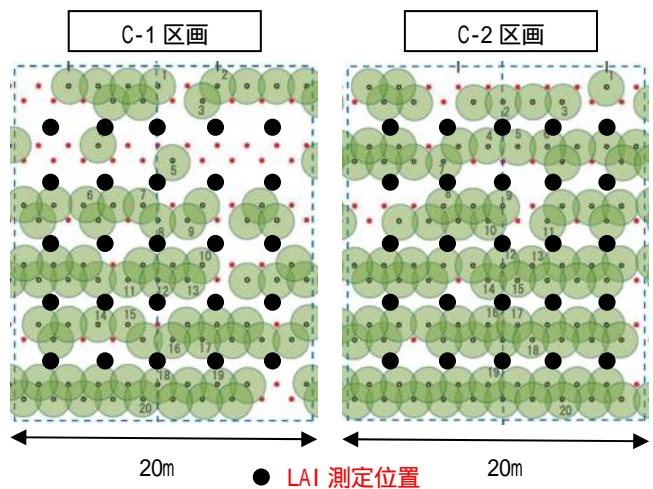


図 - 5 測定区画の植栽状態
(緑色の部分は植栽あり、赤点は植栽無し)

3.1.2 葉面積指数の数推定

(1) プラントキャノピーアナライザー (PCA)

プラントキャノピーアナライザー (写真 - 2、
LAI-2000、LI-COR Inc.製、以下 PCA) は、魚眼レン
ズを内蔵したセンサーとデータロガーからなる葉面
積の測定機器である。PCA は、樹木を下から見上げ
た木漏れ日の割合を樹木の上部の入射光 (林外で測
定) と下部の透過光の比 (透過率) として測定する
⁶⁾。

本報告においては、次の手順に従い測定を実施し
た。

枝の障害を避けた林外 (道路もしくは風上の牧
草地) 1 地点で 1 回測定

林内の 5 地点、コンパスで確認した 4 方位
(N-E-S-W) に対し、樹木の下枝の高さでそれ
ぞれ 3 回測定

林外 1 地点で再度測定

同測定を各区画 5 測線 (1 区画 25 地点、図 - 5)
で実施

測定は C-1 区画が 2014 年 1 月 23 日 8:00~9:59、
C-2 区画が 1 月 21 日 8:05~11:58 に実施しており、
測定時の天候は共に晴れだった。測定状況を写真 -
3 に示す。



写真 - 2 プラントキャノピーアナライザー (PCA)
(右/PCA 本体、左/センサー部 (180° ビューキャップ))

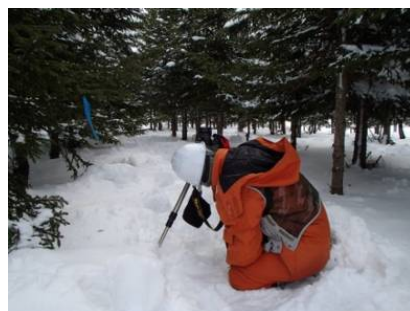


写真 - 5 魚眼レンズカメラによる全天撮影



写真 - 3 PCA による LAI 測定



写真 - 6 全天画像の例
(上/C-1 区画、下/C-2 区画)

(2) 全天写真による葉面積指数の推定

PCA は高額な機器であるため、誰もが手軽に使用することは難しい。そこで、デジタルカメラを用いて葉面積指数の推定を行った。この手法では、デジタルカメラに魚眼レンズを装着したものをを用い(写真 - 4) 画像中の空の割合を「天空率」として葉面積を測定する⁶⁾。撮影にあたっては、林帯間の中央部の樹木の下枝高さにおいて、魚眼レンズ部を鉛直方向に向けて行った。写真 - 5 に撮影の様子、写真 - 6 に全天画像の例を示す。また比較検討を行うため、写真撮影と PCA との測定を併せて実施している。なお、撮影した画像は、植物画像解析用ソフトウェア「LIA for Win32 (LIA32)」⁷⁾ を用いて葉面積指数の推定を行った。



写真 - 4 魚眼レンズカメラ
(水準器・ファインダー付)

3.1.3 葉面積指数の測定結果

C-1 区画の PCA による葉面積指数 (LAI) の測定結果 (以下「測定 LAI」) と全天画像による解析結果 (以下「解析 LAI」) について、有意差検定 (t 検定、有意水準 0.05) を行い差異があるとはいえないことを確認した。また、回帰分析により、PCA の測定 LAI 値と全天画像による解析 LAI 値の関係を求めた (図 - 6)。

調査区 C-2 の測定 LAI と解析 LAI についても有意差検定 (t 検定、有意水準 0.05) により、両者に差があるとは言えないことを確認している。なお、調査区 C-2 では、測定に約 4 時間要したことから、日射変動の影響を受けた可能性が考えられるため、日射方位を除外した 3 方位のデータで検討した。図 - 7 に PCA の測定 LAI 値と全天画像による解析 LAI 値の関係を示す。

両者の有意差検定及び回帰分析の結果から、PCA

の測定LAIと全天画像解析LAIに顕著な差があるとはいえなかった。なお、調査区C-1では推定LAIは0.6であり、調査区C-2の推定LAIは1.4であった。

当調査区においては、短時間に測定を行い、日射変動の影響を受ける方位を除外することで、PCAおよび全天画像のどちらを利用しても校正せずに葉面積指数の推定が可能であると考えられる。

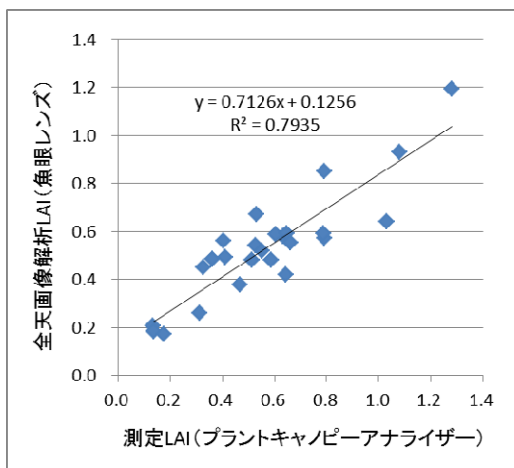


図 - 6 PCA 測定 LAI と全天画像解析 LAI の関係 (C-1 区画)

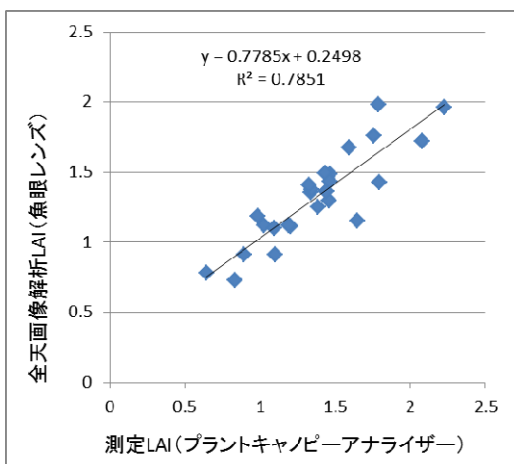


図 - 7 PCA 測定 LAI と全天画像解析 LAI の関係 (C-2 区画・3 方位)

3.2 防雪効果の測定

道路防雪林の防雪効果を把握するため、既存防雪林において、視程計と風向風速計を設置し、定点気象観測を実施した(測定期間2013年12月1日～2014年3月11日)。計測機器の設置位置を図8に、各箇所の状況を写真7に示す。測定機器は各地点とも地面から1.5mの高さに設置している。また、測定にあたっては、現状の防雪林の防雪効果の把握だ

けでなく、併用防雪柵を撤去した場合の防雪効果の変化を確認するため、防雪柵の有無による比較測定を実施した。測定箇所の道路側からの状況を写真8、9に示す。写真9は防雪柵が撤去されている箇所であるが、後方は透けて見えない状態である。なお、測定箇所は葉面積指数を推定した区画と同一である。

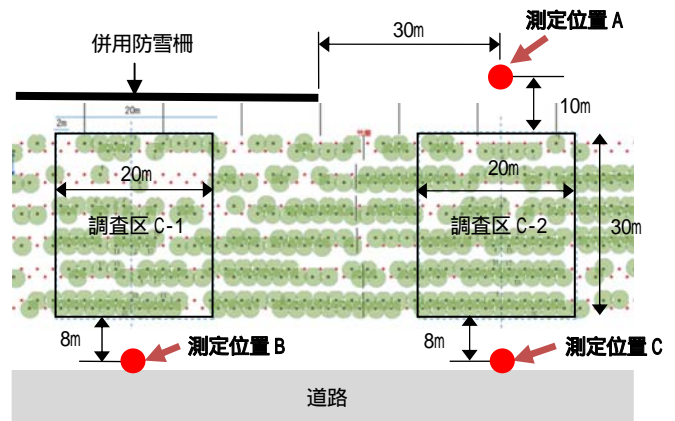


図 - 8 計測機器設置位置図



写真 - 7 計測機器設置状況 (上/測定位置A、中/測定位置B、下/測定位置C)



写真 - 8 測定地点の道路側からの様子
(調査区 C-1・防雪柵あり)



写真 - 9 測定地点の道路側からの様子
(調査区 C-2・防雪柵なし)

視程と風速の測定例(2013年12月11~21日)を図-9に示す。図-9上は防雪林の風上側、図-9中は併用防雪柵あり、図-9下は併用防雪柵なしの測定結果である。12月14~15日の測定値に着目すると、いずれの測定箇所も視程は150m程度と大きく変わらないが、風速に関しては防雪林の風上側(測定位置A)は8m/s程度であるが、併用防雪柵あり(C-1区画、測定位置B)では3m/s程度、併用防雪柵なし(C-2区画、測定位置C)では2m/s程度である。この結果を比較すれば、防雪林による防風効果は高く、併用防雪柵の撤去による効果の低減は殆ど生じていないことが確認できる。今後は、葉面積指数を用い解析を行う予定である。

4. 風洞実験による防風機能調査

4.1 研究方法

道路防雪林では樹木の生長に応じて間引きが必要であるが、間引きにより一時的に防風機能は低下すると考えられる。道路交通環境を維持する上で、防風機能の低下をできるだけ抑えて間引を行うことが重要であり、そのためには間引きと防風機能の関係を把握することが必要である。しかし、その関係は未だ定量的には明らかになっていない。

防雪林の防風機能を把握するためには、実際の林帯で計測することが望ましいが、計測条件を設定し、比較を行うことは困難である。そこで、計測条件の設定が容易である風洞を用いて、防風機能の再現を試みた。本調査では、間引きの有無および間引きパターンの違い(千鳥間引きと列間引き)が防風機能に与える影響を把握することを目的に、模型防雪林を用いた風洞実験において流速と吹きだまりの計測を行った。本報告は基礎となる流速計測についてまとめたものである。

4.1.1 実験条件

実験には寒地土木研究所の風洞実験装置(図-10)を使用した。測定洞内の鉛直方向風速分布は、上空ほど風速が増す自然の風を模擬するため、べき法則(べき指数は田園地帯を想定した 0.15^8)に近似するように、平成23年度に気流の調整をしている。

この実験では、老川⁹⁾が建物近傍を対象とした吹雪風洞実験において重要としている、移動臨界摩擦速度比、安息角、ストークスパラメータについて考慮し、模型雪として活性白土を使用した。模型雪を測定洞上流のノズルから圧縮空気とともに風洞内に供給することにより、人工的な吹雪を発生させて

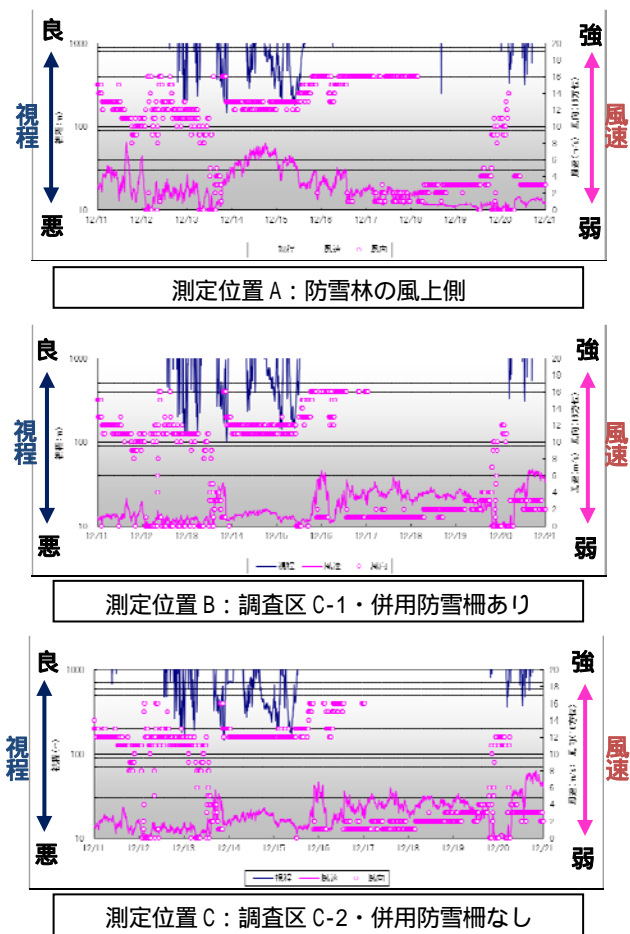


図 - 9 視程・風速測定例(2013年12月11~21日)

いる。模型雪の供給量は、本実験装置で PIV 計測が可能であることを確認している 230g/min とした。実験風速は、老川ら⁹⁾による実験で吹きだまりの再現性が高いとされる風速 4.5m/s 前後(地面からの高さ H=50mm)を参考に、7m/s (但し H=400mm での風速。このとき前述のべき法則において H=50mm では 5.1m/s)とした。

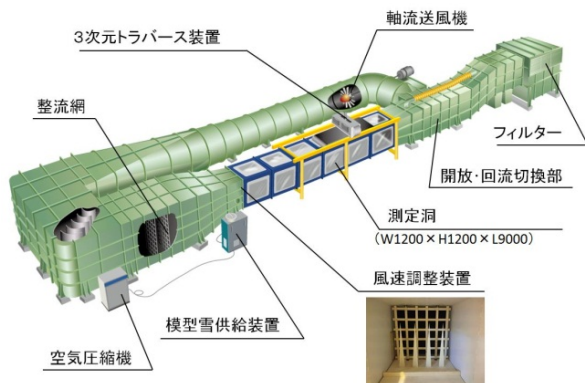


図 - 10 風洞実験装置

4.1.2 防雪林模型

模型縮尺は、間引きを行う時期とされる樹高 6m 前後¹⁰⁾を想定し、縮尺模型を設置した場合における測定洞(高さ 1.2m)の閉塞率を 5%程度以内⁸⁾とするため、1/100 とした。

樹木模型の形状は、平成 24 年度に実験を行った¹¹⁾4 種類中、樹高 50mm、枝下高 5mm のものを採用し、3D プリンターにより ABS 樹脂で製作した(図 - 11)。

植栽配置は、樹木列数は道路吹雪対策マニュアル¹⁰⁾における標準林 20m タイプを想定した 5 列と、これより列数が少ない場合の影響を把握するための 3 列とし、それぞれ間引きを行わないもの、列間引きおよび千鳥間引きを行ったものの計 6 パターンとした。列間および苗間については同マニュアル¹⁰⁾における標準林の植栽配置に準じて列間 30mm、苗間 20mm とした(図 - 12)。風向が防雪林帯に対して直角の場合のほか、16 方位で 1 および 2 方位ずれた場合の防風機能を調査するため、これらの模型をそれぞれ風向に対して 90°、67.5°、45° に設置して計測を行った。

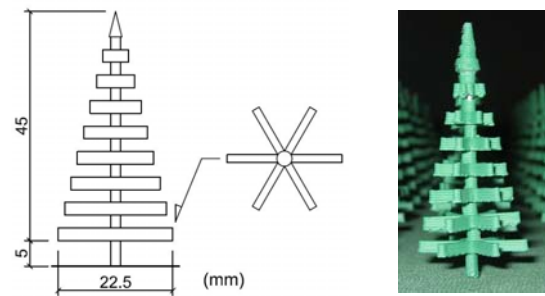


図 - 11 樹木模型

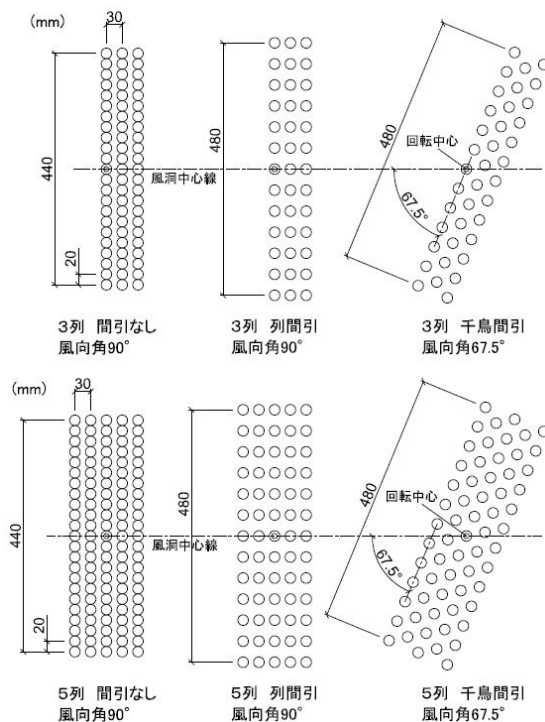


図 - 12 植栽配置

また、風向が防風機能へ与える影響をより詳細に調査するため、樹木列数 3 列の列間引きと千鳥間引きについて、図 - 13 に示す植栽配置の模型(列間、苗間は図 - 12 と同一)を風向に対して 90°、82.5°、75°、60°、56.3°、45°、36.9°、30° に設置して計測を行った。なお、56.3° は千鳥間引きにおいて 3 本の樹木が風向方向に並ぶ風向角、36.9° は列間引きにおいて 3 本の樹木が風向方向に並ぶ風向角である(図 - 14)。

実験パターンの一覧を表 - 6 に示す。

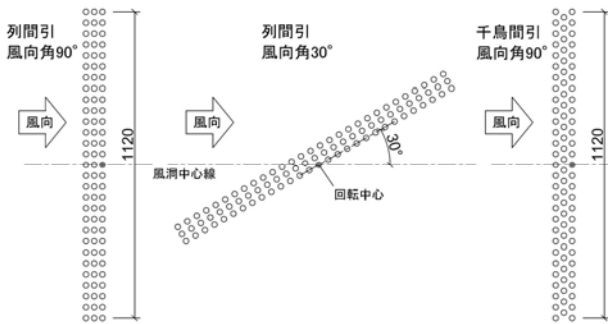


図 - 13 植栽配置



図 - 14 植栽配置 (詳細)

表 - 6 実験パターン

No.	樹木列数	間引きパターン	風向角	備考
1	3列	間引なし	90°, 67.5°, 45°	
2		列間引		
3		千鳥間引		
4	5列	間引なし	90°, 82.5°, 75°, 60°, 56.3°, 45°, 36.9°, 30°	風向詳細調査
5		列間引		
6		千鳥間引		
7	3列	列間引	90°, 82.5°, 75°, 60°, 56.3°, 45°, 36.9°, 30°	風向詳細調査
8		千鳥間引		

4.1.3 計測方法

流速の計測はPIVを用いた(図-15)。PIVは、流れに沿って移動するトレーサーを連続撮影した画像の解析により流速を計測する方法であり、面的に流れ場を把握することができる。トレーサーには模型雪の活性白土を利用した。画像の撮影は毎秒2000枚で5秒間行い、撮影した10000枚の画像を用いて解析を行った。画像2枚の解析から1組得られる流速分布を5000組分平均したものを計測結果としている。なお、トレーサー(活性白土粒子)の動きは空気の流れと完全には一致しないので、計測結果は厳密には風速ではなくトレーサーの速度(以下、流速とする)である。また、PIVではライトシートに照らされたトレーサーを観測するため、ライトシートを横断する方向の流速成分が大きい場合には良好な計測結果を得にくい。このため水平面における流速分布を計測する場合、流速の鉛直方向成分が大きい

いと良好な計測結果を得にくい、過去に行った実験により防雪林の風下側では流速の鉛直方向成分は小さいことを確認している¹²⁾。計測面は、実スケールにおいて乗用車の目線の高さに対応する、地面からの高さH=15mmにおける水平面とした。

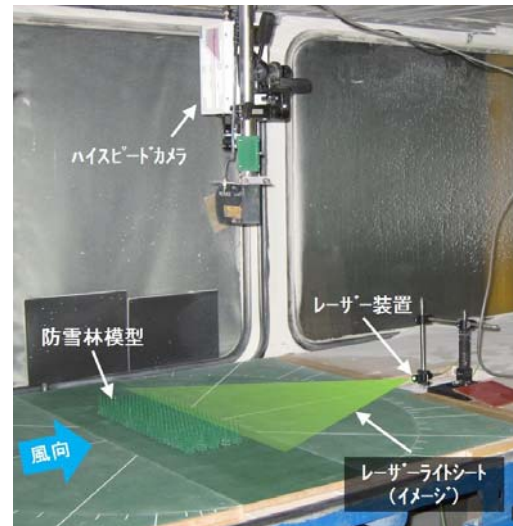


図 - 15 PIV計測

4.2 研究結果

表-6に示した実験パターン No.1~3(以下「P1~P3」と記す)について、風洞中心線に近い樹木背後および樹木間中央の計測ライン(図-16)での流速比分布を図-17~19に示す。ここで、流速比は各地点における流速と樹木がない場合の同一地点における流速の比としている。流速比が低いほど防雪林により流速が抑えられているということであり防風機能が高い。また、図の横軸は風下側樹木列からの垂直距離Lとしている。

図-17(P1)より、風下側樹木列からの垂直距離L=0~150mmの範囲において風向変化に対する流速比の変化や、樹木背後と樹木間中央との流速比の差は少なく、流速比が約0.3で安定している。L=150mm以上において風向角45°で流速比の上昇がみられるが、これは植栽端部から巻き込む風(後流)が影響した可能性が考えられる。

図-18、19(P2、P3)は列間引き、千鳥間引き時の流速比を示したものであるが、P1と比較して全体的に流速比が高くなっており、間引きにより防風機能が低下していることがわかる。また、樹木背後と樹木間中央の流速比の差は、樹木間からの吹き抜けによるものと考えられるが、この差は下流ほど小さくなっている。列間引き(図-18)では風向の変化

による流速比の変動が大きく、風向角が45°では流速比が低い半面、風向角が90°では流速比が高くなっている。一方、千鳥間引き(図-19)では、風向の変化に対して流速比は安定しており、列間引きと比較して流速比は高くない。図示は省略したが、樹木列数5列(P4~P6)の場合は、樹木列数3列の場合よりも全体的に流速比が低くなっており、高い防風機能を発揮しているが、風向変化に対する傾向は樹木列数3列の場合と同様となっている。

P7、P8における風洞中心線上L=150mmでの風向角と流速比の関係を図-20に示す。L=150mmは、道路吹雪対策マニュアル¹⁰⁾の標準林における基本林の道路側樹木列から道路中心線(片側1車線道路を想定)までの距離約15mを想定している。列間引き、千鳥間引き共に、風向角が小さい方が流速比も小さくなる傾向を示している。流速比は風向角が90~70°程度の範囲では千鳥間引きの方が低く、風向角が65~40°程度の範囲では列間引きの方が低くなっている。千鳥間引きでは風向角56.3°で3本の樹木が風向方向に並び、流速比のピークが現れているが、列間引きでは3本の樹木が風向方向に並ぶ風向角36.9°においても明確なピークは現れていない。また、風向角が40°程度以下では列間引きと千鳥間引きにおける流速比に明確な差はみられない。

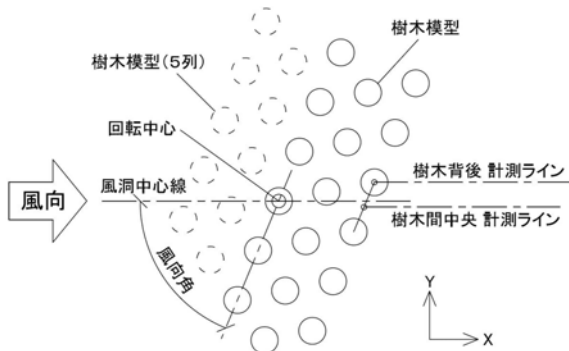


図-16 計測平面図(千鳥間引)

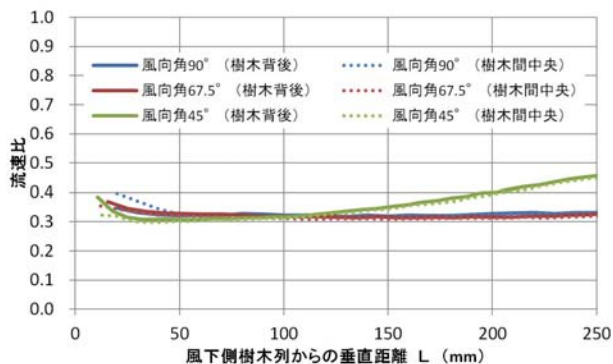


図-17 流速比(樹木列数3列、間引なし、P1)

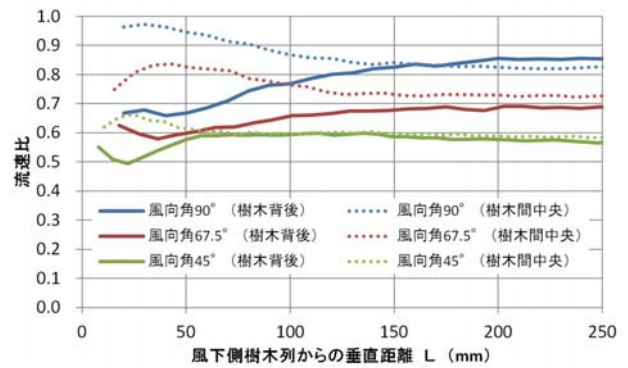


図-18 流速比(樹木列数3列、列間引、P2)

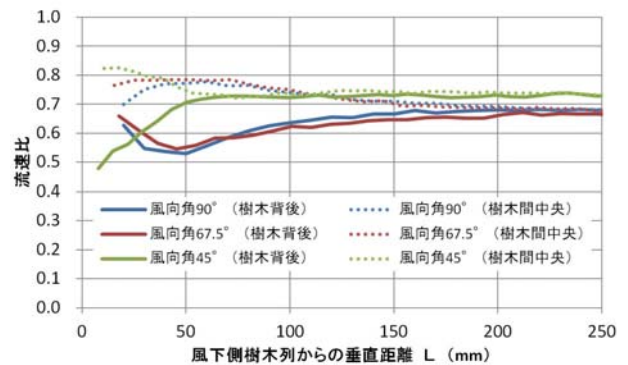


図-19 流速比(樹木列数3列、千鳥間引、P3)

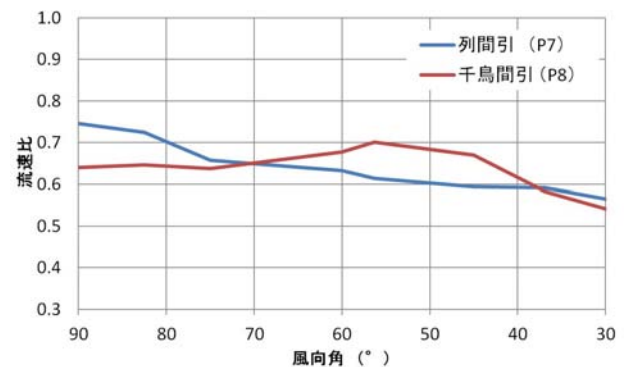


図-20 流速比(P7、P8)(L=150mm)

5. まとめ

平成25年度は、防雪林の造成時の望ましい生育基盤の規格の提示や生育障害の減少への寄与、樹木の成長過程に応じた育成・管理手法による効果的な機能発現に寄与することを目的として、既存防雪林における現地調査や風洞実験を行った。

5.1 防雪林の生育基盤の検討

道北の2箇所の防雪林の土壌の状態を土質室内試験により調査した。その結果、樹木の生育状態に因らず養分が少なく、樹木の生育に適さない状態が確認された。道路防雪林においては、山林の樹木より

も生育が遅い状況も見られ、土壌基盤の状態が影響しているものと考えられる。防雪効果を早期に発現するためには、苗木の健全な生育が必要なことから、造成時の基盤づくりが重要と考えられる。また、前年度までの調査において、土壌の硬さが生育不良の要因の一つであることが推測されたが、三相分布からも土壌の硬さ（緻密さ）が生育不良の一因であることが示された。今後は、三相分布の室内試験を行わなくとも簡易な現地計測でおおよその固相率が推定できないか検討したい。

5.2 道路防雪林の防雪効果に関する検討

道路防雪林の防雪効果を計る指標の一つとして葉面積指数に着目した。既存防雪林を対象とした葉面積指数の推定結果から、当調査区においては、PCAによる葉面積指数の測定値、および全天画像による解析値ともに補正を要せず使用できることが確認できた。但し、本調査は冬期積雪時に実施しており、無雪期の場合と異なる可能性がある。そのため、春季、または秋季の調査を行いたい。

また、防雪林の防雪効果を確認するため、視程や風速の計測を実施しており、今後は葉面積指数や樹木密度等と防雪効果の関係について解析を行う予定である。

5.3 風洞実験による防雪林の防風機能

道路防雪林について、間引きの有無および間引きパターンが防風機能に与える影響を把握することを目的に、模型防雪林を用いた風洞実験を行った。その結果、間引きにより防風機能が低下することや、間引きパターンの違いにより風向変化に対する防風機能の変動傾向に違いがあることがわかった。

列間引きでは風向の変化にともなう防風機能の変動が千鳥間引きに比べ大きく、風向角90°付近での防風機能は低い、風向角が小さくなるに従い防風機能は高くなった。一方、千鳥間引きでは、風向の変化に対して防風機能は比較的安定しており、列間引きのような風向角90°付近での防風機能の低下はないが、風向角65~40°程度の範囲では列間引きよりも防風機能は低くなっている。このことから、間引きを行う際には、現地の冬期主風向を考慮して間引きパターンを変えることにより、間引きによる防風機能の低下を抑えられる可能性がある。

今後も防風機能について、間引きの条件を変えて風洞実験を継続する予定である。

参考文献

- 1) 国土交通書都市・地域整備局公園緑地・景観課緑地研究室 監修:植栽基盤整備技術マニュアル 改訂第2版、(財)日本緑化センター、2009.
- 2) (社)日本造園建設業協会:植栽基盤整備ハンドブック、(社)日本造園建設業協会、2005.
- 3) 北海道農政部:北海道施肥ガイド2010、北海道、2010.
http://www.agri.hro.or.jp/chuo/fukyu/sehiguide2010_index.html
- 4) 松井健:土壌地理学特論、築地書館、203pp、1989.
- 5) (社)日本造園学会 緑化環境工学研究委員会:緑化事業における植栽基盤整備マニュアル、ランドスケープ研究 63(3)、(社)日本造園学会、pp.224-241、2000.
- 6) (独)農研機構 近畿中国四国農業研究センター:第6章 光学的手法によるカンキツ樹の総葉面積計測法、カンキツ連年安定生産のための技術マニュアル、(独)農業・食品産業技術総合研究機構、pp1-6、2008.
http://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/publication/pamphlet/tech-pamph/010801.html
- 7) 山本一清:植物画像解析用ソフトウェア「LIA for Win32(LIA32)」,名古屋大学大学院生命農学研究所 生物圏資源学専攻 資源生産生態学講座、2005.
<http://www.agr.nagoya-u.ac.jp/~shinkan/>
- 8) 財団法人日本建築センター:実務者のための建築物風洞実験ガイドブック、2008.
- 9) 老川進、苔米地司、石原孟:建物近傍の雪吹きだまりの風洞相似則に関する考察、日本雪工学会誌、Vol.23、No.2、pp.13-32、2007.
- 10) 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.
- 11) 松澤勝、上田真代、渡邊崇史、住田則行、山崎貴志、石川真大:ライフサイクルに応じた防雪林の効果的な育成・管理手法に関する研究 平成24年度成果報告書、2013.
<http://www.pwri.go.jp/jpn/seika/project/2012/pdf/zyu-50.pdf>
- 12) 山崎貴志、住田則行、石川真大:風洞実験による道路防雪林の防雪・防風機能調査、国土交通省北海道開発局第56回(平成24年度)北海道開発技術研究発表会、2013.

STUDY ON EFFECTIVE GROWTH MANAGEMENT OF SNOWBREAK WOODS IN ACCORDANCE WITH LIFE CYCLE

Budget : Grants for operating expenses
(general account)

Research Period : FY2011-2014

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

Author : MATSUZAWA Masaru

KANEKO Manabu

UEDA Masayo

KIBE Syoichi

WATANABE Takashi

SUMITA Noriyuki

YAMAZAKI Takashi

NAKAMURA Ryuichi

TAKADAMA Namio

SHITAMICHI Jun

WATANABE Jun

SUZUKI Satoshi

Abstract :

This study aims to mitigate the poor growth of trees in the early growth stages by proposing ideal specifications for the planting of highway snowbreak woods, and to help snowbreak woods attain full functionality by suggesting growth management methods for each growth phase.

In fiscal 2013, we conducted laboratory tests to understand the soil conditions at the basement of planting, and we found that soils for highway snowbreak woods are unfavorable for the basement. Methods are needed for improving the soil conditions for planting. Also, we measured the visibility and the wind direction and velocity in an existing forest to understand the snow control effectiveness of highway snowbreak woods. Furthermore, we estimated the leaf area index of snowbreak woods by using unobstructed sky views as pictured by a plant canopy analyzer and by a fisheye lens, toward using leaf area index to quantitatively understand snow control effectiveness. Our estimation verified that the plant canopy analyzer and the fisheye lens produce similar indices. A wind tunnel experiment on a model snowbreak woods confirmed that zigzag thinning is more stable and effective in protecting the forest against wind than horizontal thinning, regardless of the wind direction.

Key words :

highway snowbreak woods, planting base, quality of soil examination, leaf area index, snow control, wind tunnel experiment.