

風洞実験による道路防雪林の防雪・防風機能調査

(独) 土木研究所 寒地土木研究所 寒地機械技術チーム ○山崎 貴志
(独) 土木研究所 寒地土木研究所 寒地機械技術チーム 住田 則行
(独) 土木研究所 寒地土木研究所 寒地機械技術チーム 石川 真大

道路の吹雪対策のひとつである防雪林について、防雪・防風機能を維持した効果的な間引きなどの管理手法を検討するため、模型防雪林と模型雪を用いた風洞実験において流速計測と飛雪流量計測を行うことにより、間引き、樹高、枝下高の違いによる防雪・防風機能への影響について調査を行った。その結果、間引きを行う時期における防雪林の防雪・防風機能には樹高や樹冠の大きさに比べて枝下高が大きく影響することや、流速比と飛雪流量比との間に高い相関があることを確認した。

キーワード：防雪林、風洞実験、模型

1. はじめに

道路の吹雪対策には防雪柵など様々なものがあり、そのひとつである防雪林は高い対策効果を期待できるが、その反面樹木の生長過程に応じた間引きなどの育成管理が必要である。しかしながらそれらの管理手法は確立されていない。

本件では、防雪林における防雪・防風機能を維持した効果的な間引きなどの管理手法を検討するため、模型防雪林と模型雪を用いた風洞実験において流速計測と飛雪流量計測を行うことにより、間引き、樹高、枝下高の違いによる防雪・防風機能への影響について調査を行った。

2. 実験条件

(1) 実験装置

実験には寒地土木研究所の風洞実験装置(図-1)を使用した。測定洞内の風速分布は、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0.15¹⁾)に近似するよう風速調整装置で調整している。鉛直方向風速分布を図-2に示す。模型雪として活性白土を使用し、測定洞上流のノズルから圧縮空気とともに230g/minで風洞内に供給している。実験風速は地面からの高さ400mmにおける風速で7m/sとした。

(2) 防雪林模型

防雪林を構成する樹木について、道路吹雪対策マニュアル²⁾などを参考に、間引きを行う目安とされる隣接す

る樹木の樹冠が触れあう時期を想定して樹高と樹冠直径を設定した。樹木模型は部品の付け替えで樹高や枝下高を変えられるものとし、実験には図-3に示す4パターンを使用した。模型の縮尺は1/100とした。

植栽配置は、列数5列および3列でそれぞれ間引きしないものと千鳥間引きをしたものの計4パターンとし、吹雪対策マニュアル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-4)。

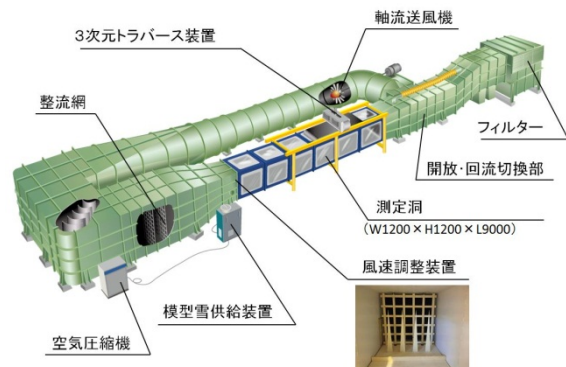


図-1 風洞実験装置

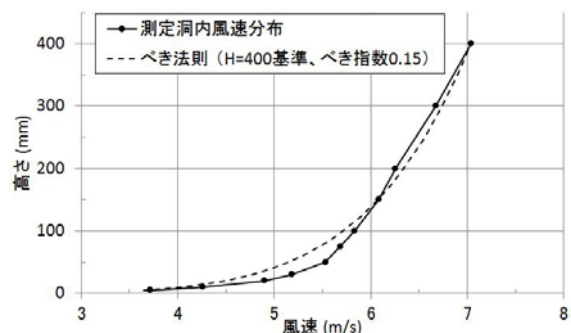


図-2 測定洞内鉛直方向風速分布

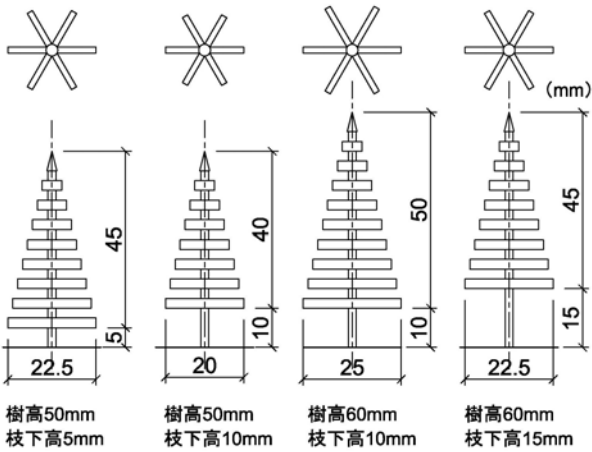


図-3 樹木模型

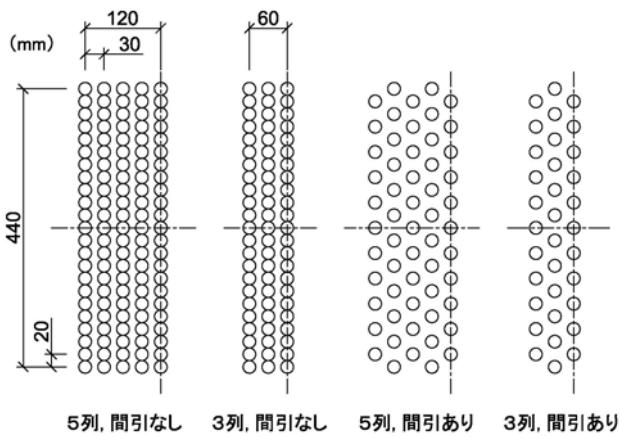


図-4 植栽配置

3. 流速計測

(1) 計測条件

計測方法はPIVとし、使用したレーザーシートは株式会社日本レーザー DPGL-2W（出力2W）、ハイスピードカメラは株式会社フォトロン SA-2、計測ソフトは株式会社ライブラリー Flow-PIVとした。

計測線は風洞横断方向中央とした。模型雪として使用している活性白土をトレーサーとし、撮影は画素数1792×544ピクセルで毎秒2000枚、5秒間とした。計測に用いた画像は10000枚（5000組）で、乱流による影響を極力排除するため、5000組の画像でそれぞれ計測したものの平均を計測結果とした。レーザー光の地面への照り返しを軽減させる目的でレーザーを低い位置から照射した（写真-1）。なお、トレーサーは空気の流れと完全には一致していないので、計測結果は風速ではなくトレーサー粒子の速度となる。

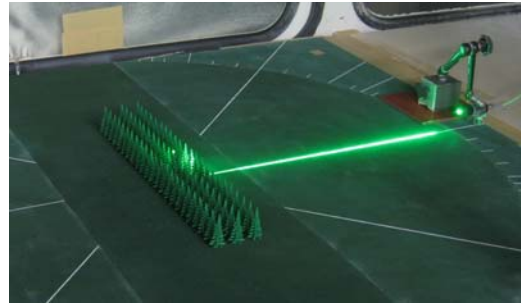


写真-1 流速計測状況 (PIV)

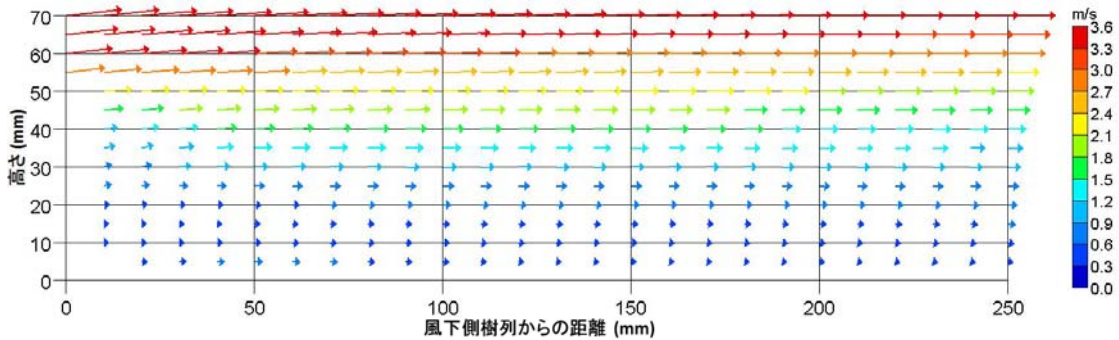


図-5 流速分布（樹高 50mm、枝下高 5mm、5列、間引なし）

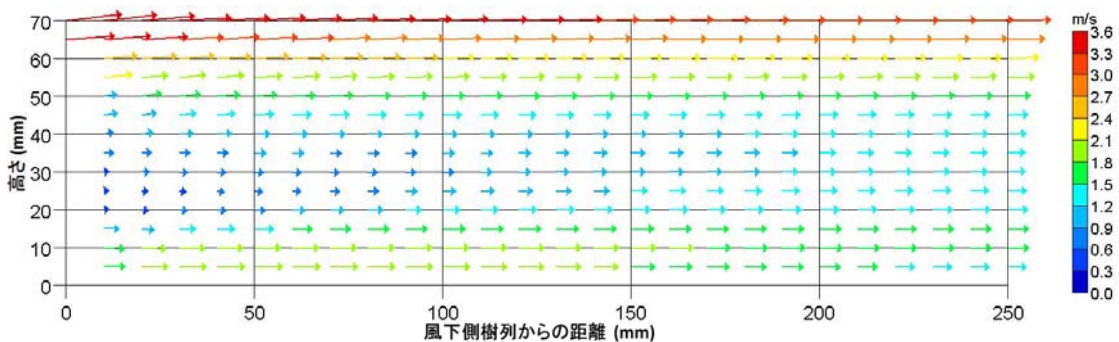


図-6 流速分布（樹高 60mm、枝下高 15mm、5列、間引なし）

(2) 計測結果

「樹高50mm、枝下高5mm、5列、間引なし」および「樹高60mm、枝下高15mm、5列、間引なし」における流速分布を図-5、6に示す。これら2つのパターンにおける樹木模型の樹冠の大きさは同じであるが、減風される範囲は枝下高が低い方が広範囲であることがわかる。ここでは図示していないが他のパターンとの比較においても枝下高が高いほど地面付近の流速は速くなっており、枝下部分では気流が吹き抜けやすくなっていることがわかる。

すべてのパターンで流れの鉛直方向成分がほとんど生じていない。吹き払い柵での模型実験では鉛直方向成分のある流れや逆流が生じている³⁾が、本実験における防雪林ではそのような流れは見られなかった。

各パターン各地点における流速の水平方向成分 v_h と、樹木がない場合の同一位置での流速の水平方向成分 v_{h0} との比を流速比 (v_h/v_{h0}) とした。「樹高50mm、枝下高5mm」および「樹高60mm、枝下高15mm」について、地面からの高さ $H=15\text{mm}$ における流速比を図-7、8に示す。これらの比較では、列数3列、5列ともに、枝下高5mmで間引きした流速比と枝下高15mmで間引きしない流速比がほぼ同等となっている。このことは、下枝の枯れ上がりによる防風機能の低下は、樹木の本数が半分となる間引きによる防風機能の低下に相当する場合があることを示唆している。

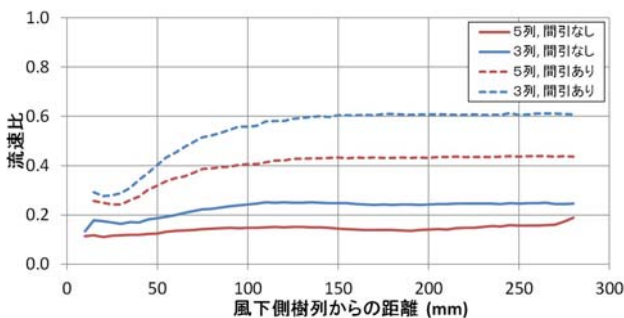


図-7 流速比 ($H=15\text{mm}$ 、樹高50mm、枝下高5mm)

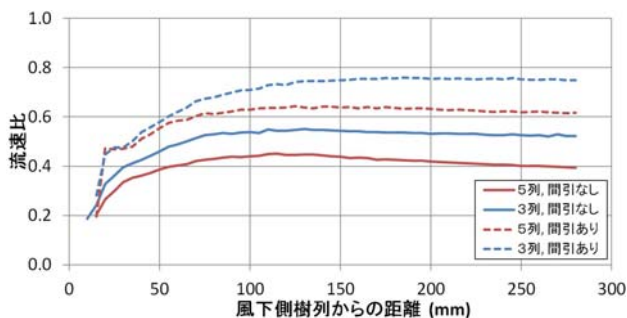


図-8 流速比 ($H=15\text{mm}$ 、樹高60mm、枝下高15mm)

「5列、間引なし」および「5列、間引あり」について、風下側樹列からの距離 $X=100\text{mm}$ における流速比を図-9、10に示す。

流速比について、 $H=20\text{mm}$ 程度以下の範囲では地面に近いほど樹高に比べ枝下高の影響を強く受けている。

$H=40\text{mm}$ 程度以上の範囲では枝下高の違いによる流速比の違いは小さくなく、樹高の違いによる流速比の違いが大きくなっている。間引きの有無によらずこの傾向が確認できる。多くの乗用車の車高が2m以内であることを考慮すると、道路防雪林として高い機能を発揮させるためには、樹高を高めることよりも、枝下高を低く抑えることが重要と考えられる。

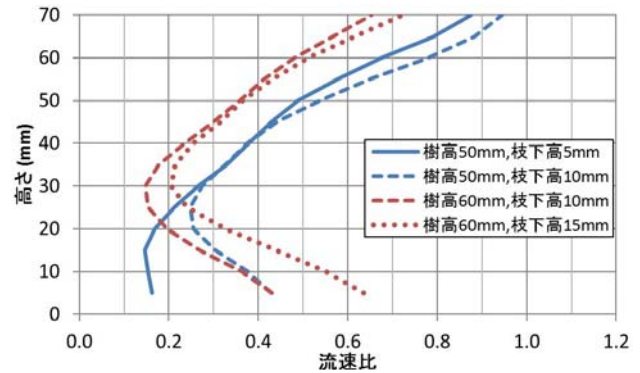


図-9 流速比 ($X=100\text{mm}$ 、5列、間引なし)

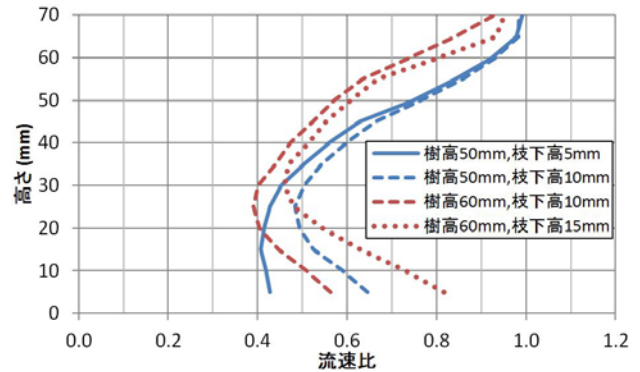


図-10 流速比 ($X=100\text{mm}$ 、5列、間引あり)

4. 飛雪流量計測

(1) 計測条件

前項の流速計測により防雪林風下側における流れには鉛直方向成分がほとんどなかったため、箱型吹雪計に類似した装置での飛雪流量計測が可能と考えられる。飛雪流量を計測するため、箱型吹雪計を参考に図-11に示す飛雪流量計測装置を製作した。この計測装置の中にはフィルターが入れられており、模型雪を捕捉する構造となっている。

計測は樹高60mm、枝下高10mmの樹木模型における植栽配置4パターンおよび樹木なしの計5パターンとした。計測位置は、風下側樹列からの距離 $X=100\text{mm}$ 、計測装置の中心高さ $H=5, 10, 15, 25, 35, 55, 100\text{mm}$ とした(図-11)。計測時間は2分間とし、計測前後における計測装置の質量差より飛雪流量を算出した。計測状況を写真-2に示す。

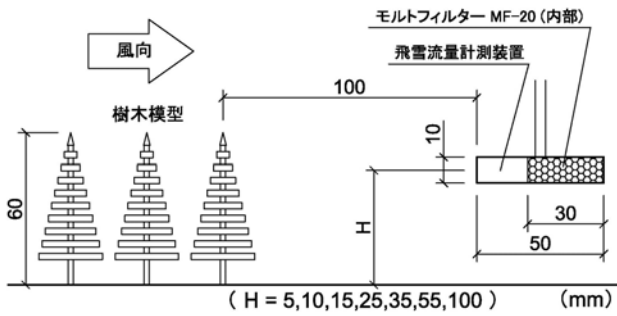


図-11 計測位置

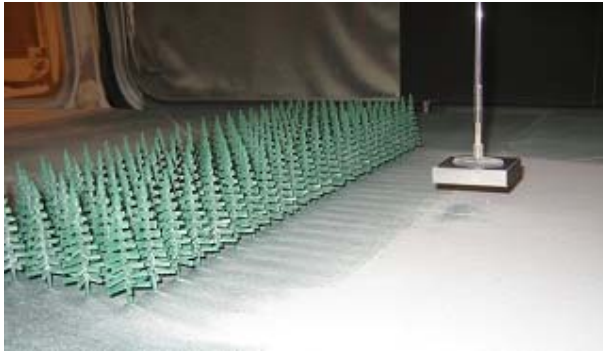


写真-2 飛雪流量計測状況

(2) 計測結果

図-12より樹木なしにおける飛雪流量の鉛直分布は、 $H=10\text{mm}$ 以上の範囲においては両対数表示でほぼ直線となっており、自然における飛雪流量鉛直分布⁴⁾と同様の傾向となっている。また、防雪林があることで飛雪流量は減少しており、植栽密度が高いほど飛雪流量は減少している。

各地点における飛雪流量 q と、樹木がない場合の同一位置での飛雪流量 q_0 との比を飛雪流量比 (q/q_0) として図-13に示す。 $H=30\text{mm}$ 付近で下限値となることや、植栽密度が高いほど低い値を示すことなど、図-9、10の流速比と同様の傾向を示している。このため、植栽配置の区別なしに流速比と飛雪流量比との相関を求めた。結果を図-14に示す。相関係数は0.8程度となり高い相関があることがわかった。

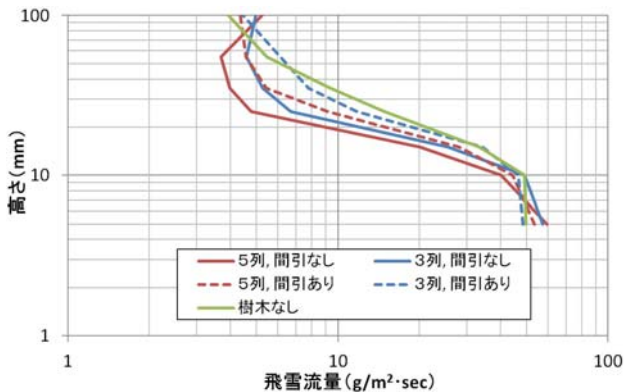


図-12 飛雪流量

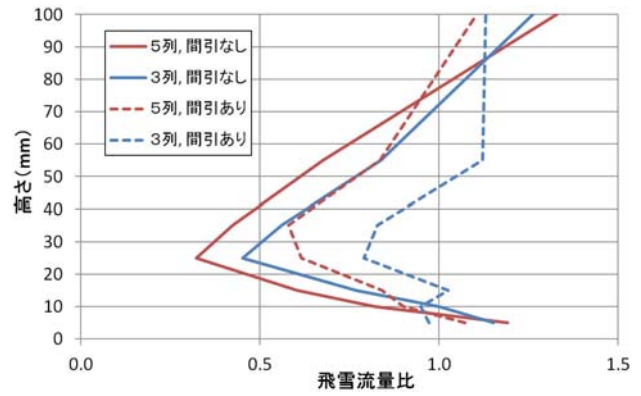


図-13 飛雪流量比

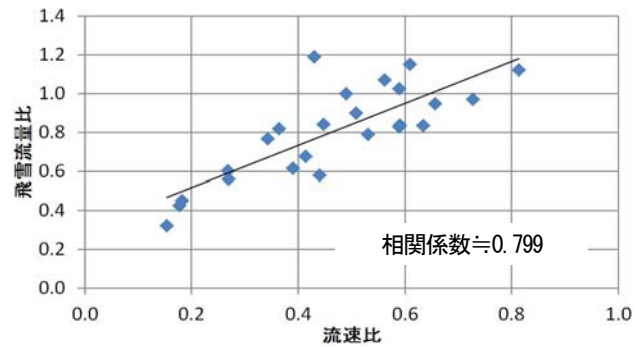


図-14 流速比—飛雪流量比相関

5. まとめ

間引きを行う時期における防雪林の防風機能について、樹高や樹冠の大きさによる影響に比べて枝下高による影響が大きく、枝下高が低いほど防風機能が高いことがわかった。防風機能の高い防雪林とするためには、枝下高を高くしないこと、すなわち下枝の枯れ上りを防ぐことが重要と考えられる。

また、流速比と飛雪流量比との間に高い相関が認められたため、防風機能の高い防雪林は防雪機能も高いと考えられる。さらに、飛雪流量は視程との相関がある⁵⁾ことから、流速比の評価により視程の評価を行える可能性があり、今後、これらの関係について検討を行ってきたい。

参考文献

- 1) 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
- 2) 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
- 3) 山崎貴志，住田則行，岸寛人，石川真大：吹払式防雪柵の下部間隙閉塞と防雪機能の関係について，北海道の雪氷，31，187-190，2012
- 4) 竹内政夫，石本敬志，野原他喜男：吹雪量と飛雪量垂直分布，雪氷，37，3，8-15，1975
- 5) 松澤勝，竹内政夫：気象条件から視程を推定する手法の研究，雪氷，64，1，77-85，2002