

7.3 防雪対策施設の性能評価に関する研究

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 18～平 22

担当チーム：雪氷チーム、寒地機械技術チーム

研究担当者：(雪氷 T)

松澤勝、伊東靖彦、山田毅、

上田真代、

(寒地機械技術 T)

牧野正敏、高松茂、山崎貴志

(道北支所)

高玉波夫、下道純

【要旨】

北海道では、国道における通行止め原因のうち吹雪による視程障害が4割を占めるなど、吹雪による冬期交通障害が多く発生している。本研究では、「防雪対策の性能評価法検討」、「防雪性能を向上した吹雪対策手法の開発」、「防雪林の育成管理に関する調査」、「道路吹雪対策マニュアル改訂に向けた検討」を行った。

「防雪対策の性能評価法」に関しては、風洞実験による吹雪の吹きだまり実験手法について検討を行った。

「防雪性能を向上した吹雪対策手法の開発」では、防雪性能を向上した吹雪対策手法の開発として、吹雪捕捉溝の防雪機能に関する風洞実験等を試行した。また、直立型吹き止め柵について、現地での視程、風速等の観測を基に、その防雪効果について取りまとめた。

また、道路防雪林の育成管理に関する調査では、現地調査を通じて生育不良箇所の抽出を行うとともに、そのうちの代表箇所3箇所において、生育不良要因に関する調査を試行した。

さらに現在の道路事業に即した「道路吹雪対策マニュアル」を作ることを目的として、マニュアル改訂作業を行った。

キーワード：防雪柵、防雪林、性能評価、視程、風洞実験、生育不良

1 はじめに

北海道では国道における冬期通行止め原因のうち吹雪による視程障害が4割を占めるなど、吹雪による冬期交通障害が多く発生している。加えて北海道では日常生活や社会経済活動における自動車交通への依存が高く、吹雪対策は北海道の道路交通を確保する上で重要な課題の一つである。

道路の吹雪対策では、これまで防雪柵や防雪林などの吹雪対策施設が整備されている。しかし、それぞれの施設の定量的な効果は明らかとなっていない。このため、効率的な防雪計画の策定や性能規程による対策施設工の発注が困難となっており、積雪寒冷地における適正な社会資本整備の観点から課題となっている。加えて防雪林に関しては、樹木の生長に応じた適切な育成管理の方法を示すことが必要となっている。

そこで本研究では、視程障害あるいは吹きだまり対策手法の定量的な評価を行うとともに、効率的な吹雪

対策手法や道路防雪林の育成管理手法について検討し、道路吹雪対策の計画、施工、維持管理に関わる技術的事項を網羅した「道路吹雪対策マニュアル」の改訂を通じて、技術の普及を図るものである。

本稿では定量評価のための風洞実験による現地吹きだまりの再現、防雪性能を向上した吹雪対策手法として、吹雪捕捉溝と直立型吹き止め柵の検討及び検証、道路防雪林の生育不良箇所の抽出と調査、「道路吹雪対策マニュアル」改訂に向けた検討と作業状況について報告する。

2 風洞実験による吹きだまり実験手法の検討

防雪柵等吹きだまり対策の定量的評価に資するデータを模擬実験により得ることを目的に、風洞実験を行った。

前年(平成 20 年度)は、ラフネス、乱流格子による風速調整装置により風洞装置本体の調整を行い、風況

の安定化を図った¹⁾。引き続き平成 21 年度は粉体吹雪実験における現地計測との整合について、解析した。

2.1 風洞実験

2.1.1 風洞実験装置

実験に用いた風洞実験装置は図 1 に示したもので、模型雪として粉体を吹かせることにより模擬吹雪を発生させる。この主要諸元を表 1 に示す。模型雪には吹雪風洞実験の模型雪として最も一般的で使用実績も多い²⁾ 活性白土を用いた。

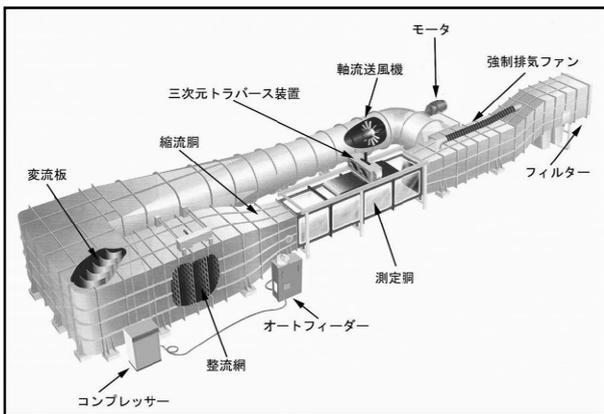


図 1 風洞実験装置

表 1 風洞実験装置主要諸元

| | |
|-------|------------------------------|
| 風洞寸法 | 21.3m(L) × 6.4m(W) × 3.0m(H) |
| 測定洞寸法 | 6.0m(L) × 1.2m(W) × 1.2m(H) |
| 最大風速 | 17m/s |

2.1.2 実験方法

風洞実験では風速を変化させて吹雪実験を行い、実測の吹きだまり形状との比較により最も相似となる条件を考察した。実験した風速(風洞中心風速)は 7m/s、8m/s、9m/s で、活性白土の量はいずれも 380g/min である。模型は 1/100 を用いた(写真 1)。吹きだまり形状の計測は測定洞奥行方向に中央での測線で行った。



写真 1 風洞実験状況

2.1.3 実験結果

各設定風速における、実験時間 30 分、90 分、180 分の吹きだまり形状をそれぞれ図 2 に示す。図 4、図 5 と同様に、図 2 は縦軸、横軸ともに模型柵高さ(50mm)で除して無次元化している。

図 2 より風速が大きくなるにつれ、柵風下の吹きだまり量が増加する傾向にあった。

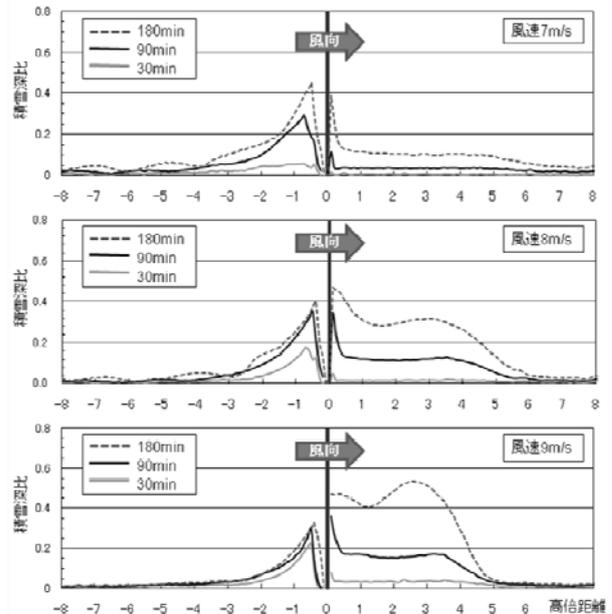


図 2 吹きだまり形状

2.2 吹きだまり現地計測

風洞実験の比較対象とした現地計測データは、石狩吹雪実験場(北海道石狩市美登位)構内に設置された高さ 5m の北海道開発局標準型吹き止め式防雪柵(写真 1)に発生した吹きだまりとした。この柵は冬期主風向である西北西に対して垂直に設置されている。



写真 2 吹き止め式防雪柵

この柵の横断面で吹雪(1 イベント)の前後に積雪深の計測を行い(図 4)、その差引(図 5)を吹雪による吹きだまりと見なした。風洞実験では圧密や温度変化による積雪変態は考慮されないため、時間スケールの短い 1 イベントの吹雪を対象としたものである。計測は

2008年2月10日と同15日に行った。

吹雪前後の1時間平均風速と最多風向を図3に示す。図3から、西北西の風が主となった2月12日午前3時から、計測を行った2月15日の午後5時までを吹きだまりが形成した期間とすると、小林ら³⁾の式と現地計測の積雪密度(272.5kg/m^3)から、吹雪量は $11\text{m}^3/\text{m}$ と見積もられた。なお、図4、図5は、縦軸、横軸とも柵高(5m)で除して無次元化している。

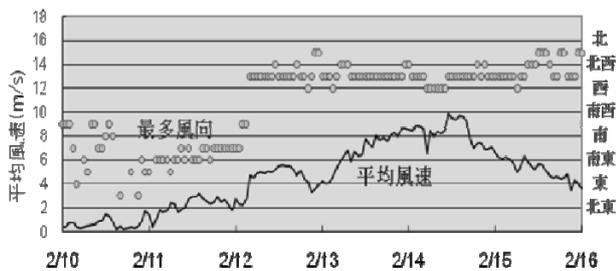


図3 現地積雪深観測時前後の風況
〔石狩吹雪実験場 2008/2/10-16〕

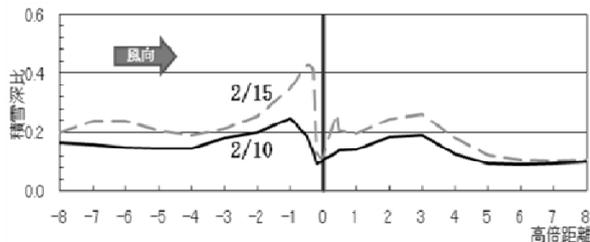


図4 吹き止め柵前後の積雪深分布
(石狩吹雪実験場 2008/2/10 及び同/2/15)

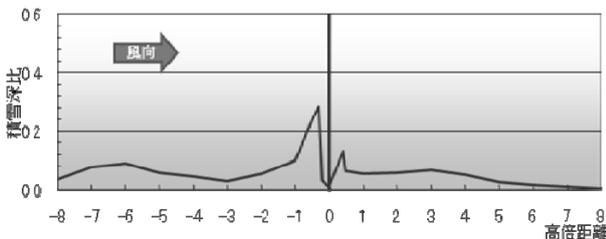


図5 吹き止め柵前後の吹きだまり量分布
(2008/2/10-15)

2.3 現地計測結果と風洞実験結果の比較

図2において、吹きだまり形状を現地の計測結果(図5)と比較すると、設定風速 8m/s が設定風速中、最も一致した。

そこで、風洞設定風速 8m/s における実験について、実験時間ごとの吹きだまり形状について、より詳細に現地計測と比較した。図6に実験時間30分、60分、90分、120分での吹きだまり形状と現地計測における吹きだまり形状(図5)を示した。

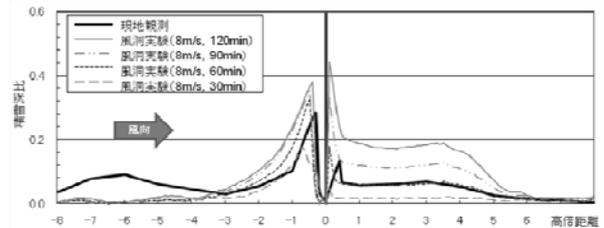


図6 吹きだまり形状比較
(吹き止め柵・風洞中心風速 8m/s)

吹きだまりが生じている範囲や吹きだまりのピーク位置は現地計測と風洞実験結果ではほぼ一致しており、さらに実験時間60分での吹きだまり量は実測に近い。この条件での模型雪吹出量は $0.042\text{m}^3/\text{m}$ であった。

2.4 まとめ

ある1回の吹雪により吹き止め式防雪柵に発生した吹きだまりについて、風洞実験により吹きだまり形状を再現するための実験条件を得た。

しかしながら、今回の検討は1例の吹雪についてのみの検討であり、風洞実験による現地再現性を向上させるため、異なる規模の吹雪についての検討、ならびに吹き払い柵など他形式の防雪柵について検討を行っていききたい。

3 吹雪捕捉溝による防雪効果向上に向けた検討

3.1 はじめに

防雪性能を向上した吹雪対策手法の開発として、吹雪捕捉溝の防雪機能に関する実験を試行した。

吹雪捕捉溝とは、防雪対象とする道路の風上に、道路と平行に水路のような溝を造成するものである。吹雪の運動形態は、主に跳躍と浮遊の2つの運動形態がとれることが知られている。一方、吹雪の輸送量は地表面付近が多く、吹雪中の雪粒子輸送の運動形態は跳躍が大部分を占める。

このため、跳躍により輸送される吹雪粒子を溝に捕捉することにより、道路への雪粒子の流入量を減少させることができ、道路上の吹きだまり防止と視程の向上が行えると考えられる。

3.2 研究方法

吹雪捕捉溝の検討は、風洞実験により行った。吹雪捕捉溝は吹き止め柵の風上背面に設置するものとし、吹き止め柵との併用で、より大きな防雪効果を得ることを意図した。

吹雪捕捉溝の規格は、これまでの事例もないため、

造成の際の施工性や導入の容易さを勘案し、実験では図7に示す2種類のタイプを考案した。違いは容量であり、深さは排水流末の高さを考慮して深い方を1mとし、法面勾配はともに自立できる1割勾配とした。

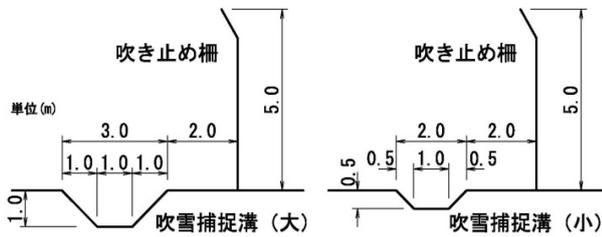


図7 吹雪捕捉溝の実験タイプ

実験は、2章での検討を基に、風洞中心風速 8m/s、模型雪噴出量 380g/min の条件で実施した。

3.3 実験結果

実験により形成した吹きだまり形状を図8～図10に示す。なお、図8～図10は、縦軸、横軸とも柵高(5m)で除して無次元化している。

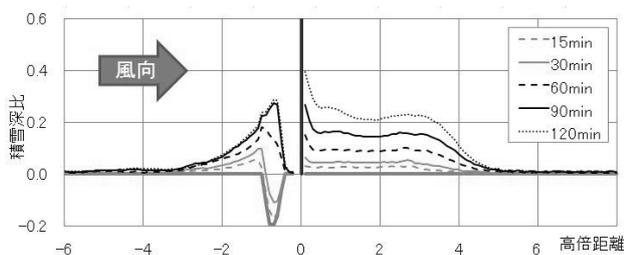


図8 吹きだまり経過
(吹雪捕捉溝あり・大)

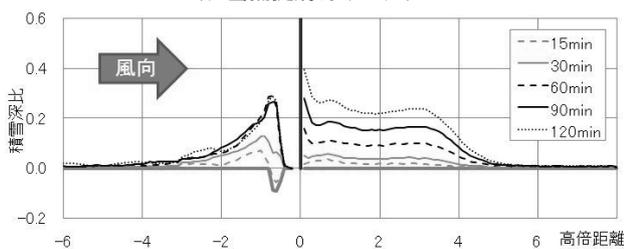


図9 吹きだまり経過
(吹雪捕捉溝あり・小)

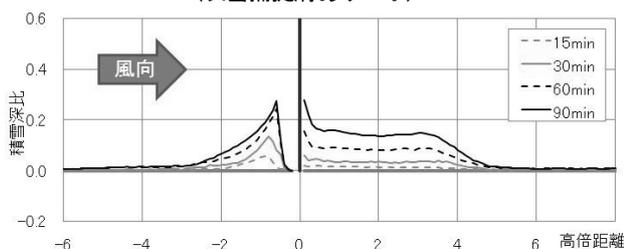


図10 吹きだまり経過
(吹雪捕捉溝なし)

図8～図10を比較すると、柵風上側では吹きだまりの初期段階において吹雪捕捉溝の防雪効果が認められるが、時間の経過とともに防雪効果が認められなくなっている。柵風下側の吹きだまりについては3パターンで違いはほとんど無く、吹雪捕捉溝の明らかな防雪効果は認められない。

3.4 まとめ

今年度は、吹雪捕捉溝の効果について予備的検討を風洞実験により行った。残念ながら、吹雪捕捉溝の規模が小さく、防雪効果の向上が認められなかったが、次年度以降吹雪捕捉溝の規格等を再検討して、実験等を進めていきたい。

4 直立型吹き止め柵の防雪効果

4.1 はじめに

防雪性能を向上した吹雪対策手法の開発を目的に、直立型吹き止め柵について、現地での視程、風速等の観測を基に、その防雪効果について取りまとめた。

吹き止め柵では、4車線道路において柵から離れた車線の視程改善効果が低下する傾向にあり¹⁾、この改善が課題となっている。通常、吹き止め柵には柵上部約1mが風上側へ30°傾いている忍び返しがある(写真2参照)。忍び返しの目的はドライバーに与える圧迫感を和らげることを意図⁵⁾したものであり、防雪効果については特に優れるということはない(竹内⁴⁾や道路吹雪対策マニュアル⁵⁾)とされているが、これまで実測によって検証は行われていない。このことから、忍返し無しの直立柵が柵遠方の視程改善に寄与する可能性があると考えられた。

一方、忍び返しなしの直立柵は忍び返しありの柵に比べて安価であり、場合によって数～15%程度のコスト縮減が期待される⁶⁾。

そこで忍び返しありの柵と忍び返しなしの直立柵の実物大防雪柵を用いて防雪効果の比較を行った。

4.2 計測方法

寒地土木研究所・石狩吹雪実験場構内(石狩市美登位)に忍び返しありの標準型A柵と忍び返しなしの直立型B柵を連続してそれぞれ51m設置し、視程と風向風速の計測を行った。これらの柵は共に柵高5m、柵の下部1/2が無孔板、上部1/2が有孔板である(写真3)。

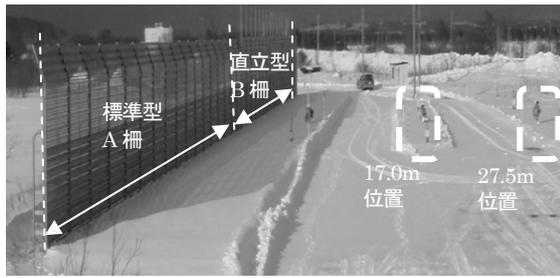


写真3 計測した柵と機器配置

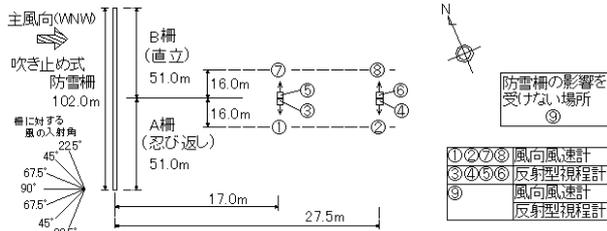


図11 計測機器の配置図

計測は柵から風下 17.0m (2車線道路の風下路側に相当、以下2車線風下とする。)と風下27.5m (4車線道路の風下路側に相当、以下4車線風下とする。)の位置と、防雪柵の設置箇所との比較をするために防雪柵の影響を受けない位置で行った(図11、写真3)。

使用した機器は反射型視程計が明星電気製 TZE-4、風向風速計がコーナースystem製 KDC-S4で、各々高さ1.5mに設置し、1秒単位でデータを取得した。また風向の記録は22.5°単位とした。

ここで、防雪柵未設置箇所(⑨地点)に対する③~⑥地点の視程の比を視程比と定義し、気温0°C以下、かつ⑨地点の視程500m以下のデータを抽出し、視程の10分平均値から視程比を算出し、比較をした⁷⁾。視程値は、風速による補正を行った⁸⁾。

また、道路環境に近づけるため視程計、風向風速計の周辺は常時機械除雪を行った。計測期間は2008年12月5日~2009年3月5日(91日間)である。ただし観測できた吹雪の時間は短く、表2に示す通りである。

表2 各風向でのデータ取得数(1データ=10分平均値)

| 入射角 | 0° | 22.5° | 45° | 67.5° | 90° |
|------|----|-------|-----|-------|-----|
| データ数 | 1 | 5 | 8 | 13 | 6 |

4.3 計測結果

防雪柵の風速低減効果は風の入射角による違いが大きい⁹⁾ため、A柵、B柵の視程比を風の入射角別に示した(図12図12)。

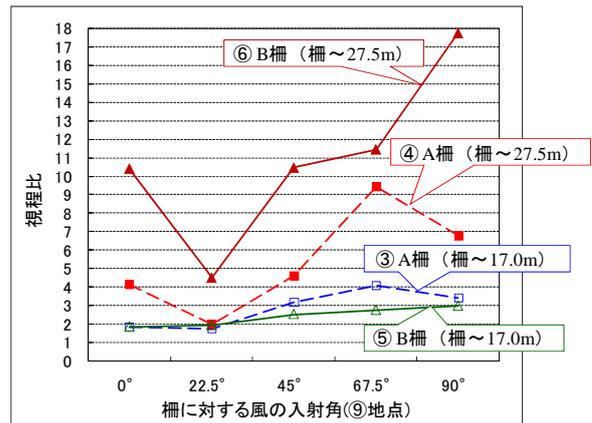


図12 柵の入射角と視程比

図8より2車線風下のB柵視程比は、風の入射角90°でA柵の0.9倍、入射角67.5°で0.7倍となっており、B柵の防雪効果がA柵に比べて小さい。

一方、4車線風下のB柵視程比は、風の入射角90°でA柵の2.6倍、入射角67.5°でA柵の1.2倍となっており、B柵の防雪効果がA柵に比べて大きい。

4.4 まとめ

2車線道路の風下路側位置では、直立柵が標準柵に比べて視程比で0.7~0.9倍を示した。一方、4車線道路の風下路側位置では、直立柵が標準柵に比べての視程比で1.2~2.6倍程度を示し、2車線道路の風下と逆の結果となった。防雪効果の面からは大きな違いは認められなかったが、本調査において、例えば直交時で60分と吹雪時の計測時間が短いことから、引き続き調査を進めて行きたい。

5 防雪林の育成管理に関する調査

5.1 はじめに

道路防雪林は吹雪による道路上の吹きだまり防止と視程障害の緩和を目的に、道路に沿って造成される樹林帯である。

日本における道路防雪林は、1977年に北海道において始まり、その後、北海道北部と東部を中心に造成が進み、総延長は80kmを超えている。

しかし、造成が進むにつれていくつかの課題が指摘されている⁹⁾¹⁰⁾¹¹⁾。この一つに初期生長期に生育が遅い防雪林があることがある。

防雪林の生育不良には複数の要因が考えられる¹²⁾。この要因には堆雪や強風など局所的に生育不良が発現しやすいものもあるが、既存防雪林では全体的に生育不良となるものも多く見られ、これらは生育基盤に起

困るとみられる。これまでに防雪林の生育不良について、生育基盤が堅固であるなど生育基盤に起因した調査事例があるが¹³⁾¹⁴⁾、それぞれ特定箇所の調査であり、その数も少ない。そこで、典型的な防雪林の生育不良について特に生育基盤に着目し、平成20年度より原因解明に向けた調査を行った。

5.2 調査箇所

道北圏の全国道防雪林32箇所から、現地踏査を踏まえて調査に適した3箇所を選定した(図13)。3箇所は一部枯死を含む樹木の生育不良がみられるA防雪林と、比較調査として、概ね良好に成長しているB防雪林と成長度合いにばらつきがみられるC防雪林である。

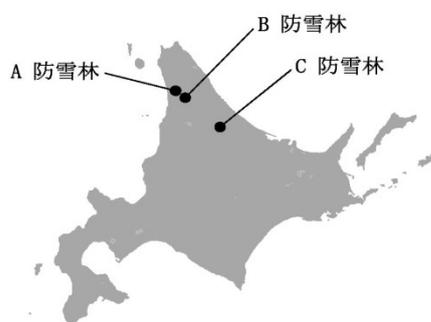


図13 調査箇所位置図

A防雪林(写真4)は、樹種はアカエゾマツが主体で、平成17年に植樹されている。樹高は約0.5m~1m程度の幼木である。植樹後の生長は芳しくなく、枯死している樹木も見られる。

B防雪林(写真5)の樹種はヨーロッパトウヒで、昭和63年~平成13年の期間に植樹され、樹高は約3.4m~8m程度である。植樹後の成長は概ね良好である。

C防雪林(写真6)の樹種はアカエゾマツで、平成4年に植樹され樹高は約1.5m~4.1m程度である。同一時期の植樹にも拘わらず成長度合いにばらつきがある。



写真4 A防雪林の現況



写真5 B防雪林の現況



写真6 C防雪林の現況

5.3 調査内容

5.3.1 生育状況調査

生育基盤調査と併せて各防雪林の生育状況を調査した。A防雪林は枯死している樹木もあり、生育不良の程度により、枯死、半枯死、その他(生育)の3段階に区分し、各々本数を調査し、枯死本数の割合を枯死率、枯死及び半枯死本数の割合を不良率と定義した。

B、C防雪林では樹高、当年伸長量、枝葉の状況等を調査した。B、C防雪林は比較的成長を遂げている成長木であり、生育度の指標として当年伸長率(当年伸長量/樹高)及び成長率[1年当たりの樹木の成長量(m):(樹高-植樹時の樹高)/経過年]と定義した。

5.3.2 生育基盤調査

調査は生育基盤の物性に着目し、北海道立林業試験場の助言も得て調査項目を選定した。調査は、それぞれの掘削孔やその近傍で、土壌断面観察および土壌硬度等の測定を行い、土壌試料を採取した。掘削孔は深さ80cm程度で、A防雪林8孔、B防雪林4孔、C防雪林8孔の計20孔を掘削した。

本稿では結果が比較的明白となった土壌硬度、三相比と生育状況との関係について主に記す。

土壌硬度は長谷川式土壌貫入計による方法(以降、長谷川式)(写真7)について本稿で記す。長谷川式の硬度はNc値(深さ10cm当たりの打撃回数)を使用した。

また、深さ10cm、20cm、40cm断面で土壌を採取し、試験室で三相(液体、気体、固体の体積割合)を分析した。



写真 7 長谷川式貫入計による土壌硬度の測定状況

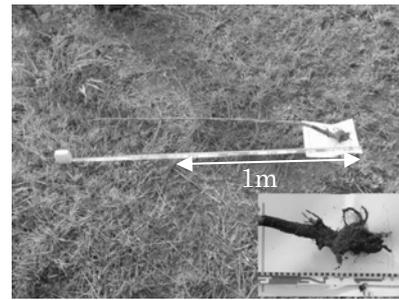


写真 9 生育不良樹木の根の状況 (A 防雪林)

5.4 生育状況

5.4.1 A 防雪林

図 14 に A 防雪林 8 箇所の枯死率と不良率(以下、枯死率等とする。)を示す。図中の A-1~A-8 は各々の調査箇所である。A 防雪林の全体の枯死率は 27.7%、不良率は 42.6%であった。これらの枯死率は既往の不成績防雪林の調査と同程度である¹²⁾¹⁵⁾。

枯死率等は A-2 が最も高く、次いで A-4 であった。なお、A-1、A-2、A-4、A-6 では滞水が確認されており、(写真 8)滞水のある箇所では枯死率等が高い。

また、写真 9 に現場で採取したほぼ枯死状態であった樹木の根を示す。根の深さは 10~15 cm 程度と短い。

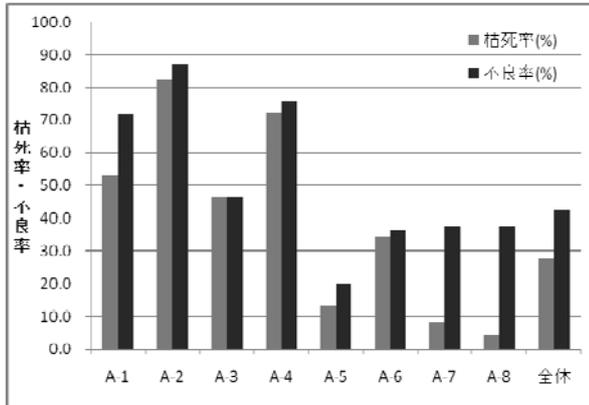


図 14 調査箇所の枯死率・不良率 (A 防雪林・アカエゾマツ)



写真 8 滞水箇所の状況 (A 防雪林)

5.4.2 B 防雪林

B 防雪林 4 箇所の樹木の当年伸長率と成長率を図 15 に示す。図中の B-1~B-4 は各々の調査箇所である。当年伸長率は B-1 が最も低く 0.08、B-3、B-4 は約 0.2 程度であった。成長率は B-2 が最も高く 0.55、他の 3 箇所は 0.23~0.31 と B-2 の半分程度となっている。

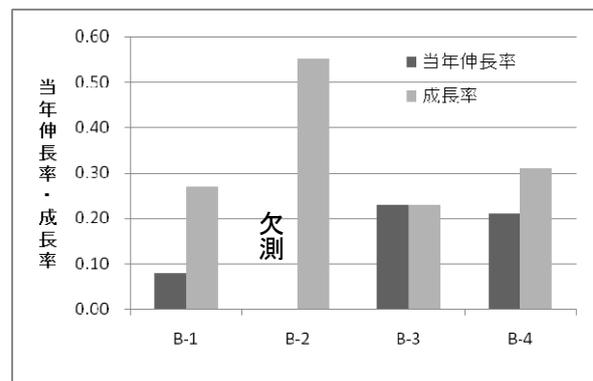


図 15 調査箇所の当年伸長率・成長率 (B 防雪林・ヨーロッパトウヒ)

B 防雪林では、1 箇所調査孔下面にわずかに滞水が認められたが、他の 3 箇所では滞水はない。

葉の張り、つや共良好であり、樹木全体で葉枯れ、枝枯れは見あたらなかった。葉長は 1.5~2.0 cm 程度で生育状態は良好であった。

5.4.3 C 防雪林

C 防雪林 8 箇所の樹木の当年伸長率と成長率を図 16 に示す。図中の C-1~C-8 は各々の調査箇所である。

当年伸長率は約 0.1 前後であるが、成長率は 0.2 以下と B 防雪林に比べ低い。過去の調査では¹⁶⁾、道北地方の道路防雪林でのアカエゾマツの平均成長率は 0.28 であり、これと比べても低い。

C-8 以外の 7 箇所で滞水が確認され、掘削時におけ

る水位は約25~95 cm程度であった。

葉の状況では、特に生育の悪いC-2の葉は、若干赤みがかかっており葉長は約1 cm弱であった。また、枝枯れも見受けられた。

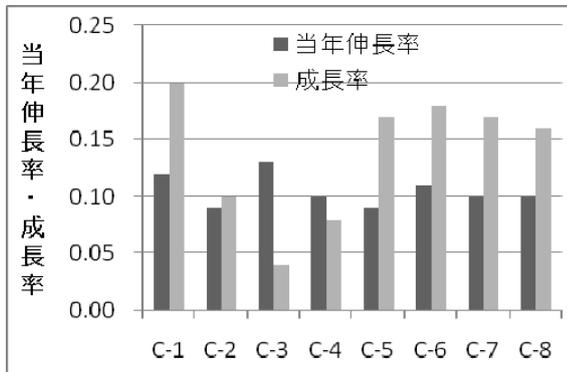
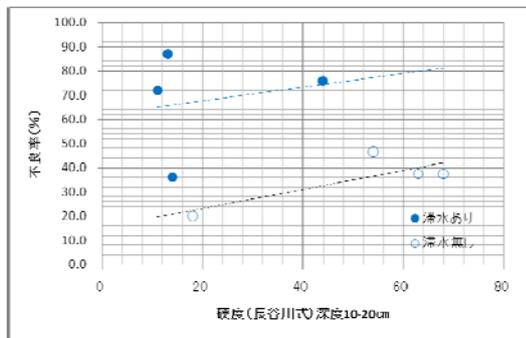


図 16 調査箇所の当年伸長率・成長率 (C 防雪林・アカエゾマツ)

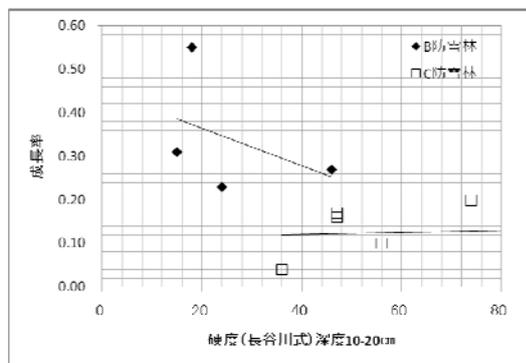
5.5 長谷川式土壌硬度と生育状況

図 17 に長谷川式土壌硬度と生育状況の関係を示す。

「植栽基盤整備ハンドブック」¹⁷⁾や「植栽基盤整備ハンドブックマニュアル」¹⁸⁾によると長谷川式は $N_c = 10$ 未満が適正値とされる。今回の計測では、比較的良好に生育している B 防雪林の深度 0-10 cm を除き、ほとんどのケースで N_c 値は 10 を超えていた。



(A 防雪林)



(B C 防雪林)

図 17 土壌硬度 (長谷川式) と不良率・成長率の関係 (深度 10-20 cm)

A 防雪林全体では硬度と不良率との関連性は認められないが、滞水箇所を除くと土壌硬度が高いほど不良率が高くなる傾向が認められた。

B 防雪林では土壌硬度が高いほど成長率が低くなる傾向が多少認められたが、C 防雪林ではほとんど関連性は認められなかった。

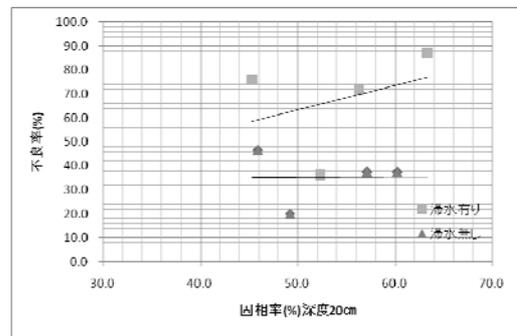
5.6 三相分布と生育状況

各防雪林における固相率、気相率と生育状況の関係を図 18 と図 19 に示す。

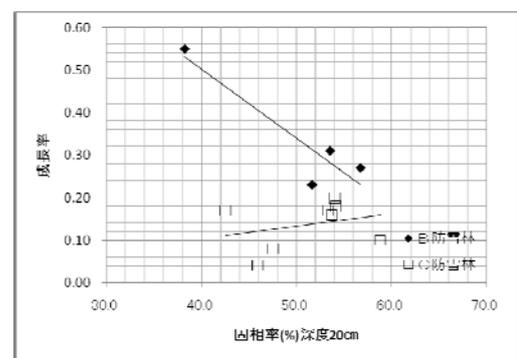
5.6.1 固相率

「道路緑化技術基準・同解説」¹⁹⁾ (以降、緑化基準とする。)によると、固相率の適正値は 30-50%、30%以下では膨軟すぎ、50%を超えると緻密すぎとされている。各防雪林とも約 35-60%程度の間分布しており、やや緻密すぎの傾向がみられる。

A 防雪林では固相率と不良率の関連性は認められないが、B 防雪林では各深度において固相率が高いほど成長率が低くなる傾向が認められた。C 防雪林ではほとんど関連は認められなかった。



(A 防雪林)



(B C 防雪林)

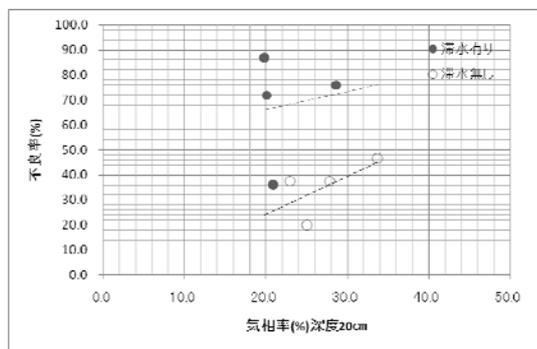
図 18 固相率と不良率・成長率の関係 (深度 20 cm)

5.6.2 気相率

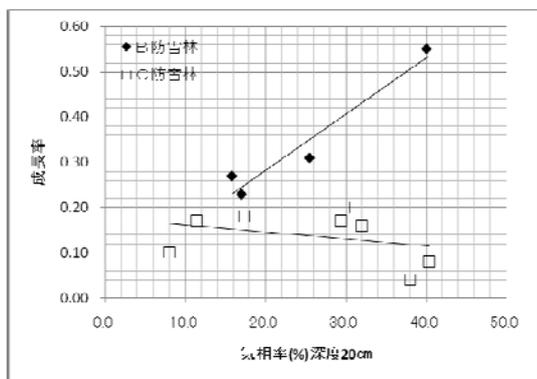
図 19 に各防雪林における深度 20cm での気相率（気体成分の体積割合）と生育状況の関係を示す。

緑化基準¹⁹⁾によると、気相率の適正值は 16%以上、16%未満では空気不足とされている。各防雪林とも約 10-45%程度の間分布しており一部のケースで空気不足の箇所が認められる。

A 防雪林では気相率が高くなるほど不良率が低くなる傾向が認められた。B 防雪林では全ての深度において気相率が高いほど成長率が高くなる傾向が認められた。一方、C 防雪林ではほとんど関連性は認められなかった。



(A 防雪林)



(B C 防雪林)

図 19 気相率と不良率・成長率の関係
(深度 20 cm)

5.7 考察とまとめ

5.7.1 土壌硬度等と生育状況

幼木である A 防雪林全体では、滞水箇所での生育の悪い状況が認められた。

滞水箇所以外のデータでは、土壌硬度と生育状況との相関が認められた。特に長谷川式では深度 20 cm までの浅い箇所においてその傾向が強く土壌硬度が大きいほど生育不良となる傾向になった。これは、ほぼ枯死状態の樹木の根が深さ 10~15 cm 程度であったこと(写

真 9) を鑑みると、深度 20 cm 程度までの生育基盤の堅さが初期生育を左右しているものと推測される。

調査時点で滞水がほとんど無かった成長木の B 防雪林では、調査データは少ないものの土壌硬度及び土壌密度が高いほど成長率が低くなる傾向が認められた。

調査箇所のほとんどで滞水が認められた C 防雪林では、土壌硬度及び土壌密度と成長率に関連性は認められなかった。これは、成長木においても滞水による透水性不良が生育不良の大きな要因となっているものと考えられる。

5.7.2 三相分布と生育状況

三相分布では、C 防雪林を除き概ね固相率が高く、気相率が低いほど生育が悪くなる傾向が認められ、滞水がほとんど無かった B 防雪林では特にその傾向が強かった。液相率及び気相率は天候によって時間とともに変動するものである¹⁹⁾ことから、主に固相率の割合が生育状況に影響を与えているものと考えられる。

5.8 おわりに

今回の調査では、防雪林の生育不良の主たる要因として生育基盤の物性に着目し調査を行ったが、滞水の有無が樹木の生育に大きな影響を与え、滞水が無い箇所では初期生長期の幼木、成長木とも土壌の堅さと生育状況に関連性が認められた。つまり、土壌が堅く密なほど生育不良となる傾向をある程度定量的に確認出来た。

滞水の有る箇所では透水性不良によると思われる生育不良が認められたが定量的な分析までには至っていない。未だ調査データも十分とは言えず、次年度以降も引き続き新たな現地調査データを蓄積し分析を進めたい。

6 道路吹雪対策に関する課題の整理

6.1 研究の概要

「道路吹雪対策マニュアル」(以下、マニュアルとする。)は、北海道開発局が整備する一般的な道路を対象に、道路吹雪対策の計画・調査・設計・維持管理に至る一連を網羅した技術図書であり、平成 2 年に発刊、当研究所で平成 15 年に改訂版を刊行している。

現行マニュアルが、改訂されてから概ね 7 年が経過し、その間活用されてきたが、担当技術者からこのマニュアルの内容についての疑問や要望が寄せられ、またこの 7 年間の吹雪対策技術の進歩により現行マニュアルに現状にそぐわない部分も生じてきた。

そこで現在の道路事業に即した「道路吹雪対策マニュアル」を作ることを目的として、マニュアル改訂作業を行った。

6.2 防雪柵設計に関するヒアリング

今年度は、防雪柵の設計要領、計算例部分について、北海道開発局、北海道、建設コンサルタント、造園業者、防雪柵メーカーから面談、会議方式にて課題の詳細についてヒアリングを行った。ヒアリングは平成 21 年 10 月～12 月にかけて、延べ 5 回、22 機関約 40 名を対象に実施した。ヒアリング時に議題とした項目を表 3 に示す。

現在ヒアリング時に聴取した内容を基に、改訂に向けて方針の検討を行っている。

表 3 防雪柵設計に関する検討項目

| | |
|-----------------------|--|
| 杭基礎設計時の基礎コンクリートの照査項目 | 道路設計要領(北海道開発局)と相違 |
| 杭基礎設計時の基礎コンクリートの許容値 | 定義されていない |
| 杭基礎安定計算時の安全率 | 杭計算時の「長期」「短期」の荷重状態の整理が必要 |
| 杭頭処理方法 | マニュアルでは B 法だが、現状は A 法が大半 |
| 杭長決定方法 | 杭長は、半無限長条件 ($3/\beta$ 以上) としているが、有限長での設計が不掲載 |
| 杭基礎設計時の採用荷重 | 杭自重が考慮すべきか? |
| 杭基礎設計時の水平方向地盤反力の算出 | 水平方向地盤反力係数が現行道路橋示方書と不整合 |
| 防雪柵構造計算例 等 | 計算例に誤記載 |
| 風圧係数 (C_d 値) の算出根拠 | 空隙率 30% 以外の場合の風圧係数 C_d 値 |
| アンカーボルト長決定手法 | アンカーボルト長計算例が不掲載 |
| 直接基礎の根入れ | 基礎の根入れや凍結深等が不明確。 |
| 鋼管杭の杭種について | SKK 以外 (STK) は OK か? |
| 杭の最小径について | 杭の最小径の考え方 |
| 基礎コンクリート (フーチング) の寸法 | フーチングの寸法決定手法 |
| 杭基礎の支持層 | 支持層となる考え方 |
| 鋼材の許容値の使い分け | 防雪柵本体 (156N/mm ²) と基礎杭 (140N/mm ²) で相違 |
| 暴風時の許容値割増 | 道路標識設置基準、道路橋示方書で不整合 |
| 杭の支持力照査時の許容値割増係数について | 道路標識設置基準では短期許容支持力を割増 |

6.3 吹雪対策技術検討会の開催

マニュアルの改訂項目、内容について技術的検討や助言を得るため、雪氷対策、吹雪対策技術の専門家 7 名からなる「吹雪対策技術検討会」を立ち上げ、第 1 回検討会を平成 22 年 3 月 12 日に寒地土木研究所で開催した。検討会では、マニュアルの改訂項目について検討を行った。

引き続き来年度(平成 22 年度)も検討会を 3 回程度開催し、マニュアルの改訂内容について審議していただく予定である。



写真 10 吹雪対策技術検討会開催状況

7 参考文献等

- 1) 雪氷チーム・寒地機械技術チーム：平成 20 年度重点プロジェクト研究報告書「7.3 防雪対策施設の性能評価に関する研究」、2009
<https://www.pwri.go.jp/jpn/seika/project/2008/pdf/2008-7-3.pdf>
- 2) 堤拓哉：吹雪の風洞実験，日本雪工学会誌，23(1)，pp47-50，2007
- 3) 小林大二、小林俊一、石川信敬：みぞによる地ふぶき量の測定，低温科学 物理篇，27，pp99-106，1969
- 4) 竹内政夫：吹雪とその対策 (5) ー防雪柵の技術史ー，日本雪氷学会誌，65(3)，pp. 271-278，2003
- 5) (独) 北海道開発土木研究所：道路吹雪対策マニュアル，北海道開発局，p3-2-12，2003
- 6) 防雪柵メーカーへのヒアリングによる。
- 7) 山田毅、伊東靖彦、松澤勝：吹き止め式防雪柵の忍び返しの有無による防雪効果の比較，雪氷研究大会(2009・札幌)講演要旨集，p84，(社)日本雪氷学会・日本雪工学会，2009
- 8) 伊東靖彦、松澤勝、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，pp53-56，2002
- 9) 伊東靖彦：[技術資料] 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，pp47-50、(独)北海道開発土木研究所、2002
- 10) 伊東靖彦：北海道における道路防雪林の現状，日本雪工学会誌，25(1)，pp12-16，2009
- 11) 伊東靖彦：[技術報告]防雪林の課題についてー雪氷研究大会(2009・札幌)の企画セッションにおける討議を基にー，日本雪氷学会誌，26(1)，pp9-15，日本雪工学会，2010
- 12) 伊東靖彦：道路防雪林の生育阻害要因に関する調査、寒

地技術論文・報告書、20、(社)北海道開発技術センター、
2006

- 13) 根廻康弘、海藤弘治、早坂保則：道路防雪林の生育促進調査について、第4回「野生生物と交通」研究発表会講演論文集、pp5-12、エコ・ネットワーク、2005
- 14) 山崎正文、成田貢、山本隆：宗谷管内における道路防雪林について、第19回ゆきみらい研究発表会論文集(CD-ROM)、ゆきみらい2007in会津実行委員会、2007
- 15) 秋元清寿、佐々木秀男、谷内敬功：道東地方の針葉樹の植栽時期に関する一考察、第17回ふゆトピア研究発表会発表論文集、2005ふゆトピア・フェア実行委員会、2009
- 16) 北海道開発局留萌開発建設部：平成13年度一般国道40号幌延町外道路防雪林管理育成手法調査業務報告書、p86
- 17) (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
- 18) 国土交通省都市地域整備局公園緑地景観課緑地環境室監修：植栽基盤整備技術マニュアル、(財)日本緑化センター、2009
- 19) (社)日本道路協会：道路緑化基準・同解説、(社)日本道路協会、1988

STUDY ON EVALUATING PERFORMANCE OF SNOW-PROTECTION FACILITIES

Abstract : Winter traffic disturbances caused by snowstorms occur frequently in Hokkaido, as indicated by the fact that poor visibility due to snowstorms is the cause of 40% of national highway closures in the region. This study involved the examination of a method for evaluating the performance of snow control measures, the development of a snowstorm control method with improved snow control performance, a survey on growth management for snowbreak forests, and a study for revision of the Highway Snowstorm Countermeasure Manual.

For the method of evaluating the performance of snow control measures, a snowdrift test technique using a wind tunnel experiment was examined.

For the development of a snowstorm control method with improved snow control performance, the snow control effects of upright snow fences erected at the Ishikari Blowing-Snow Test Field were summarized using data on on-site visibility, wind velocity and other observations.

In the study on growth control for snowbreak forests, poor growth sections were identified in a field survey, and an investigation on the causes of poor growth was conducted at a representative section.

Keywords : snow fence, snowbreak forest, performance evaluation, visibility, wind-tunnel experiment, poor growth