

# 道路防雪林における植栽樹木の 生長過程について

(独)土木研究所 寒地土木研究所 雪氷チーム ○上田 真代  
渡邊 崇史  
松澤 勝

既存防雪林の植栽樹木であるアカエゾマツを対象に、密度管理（間引き）開始時期の推定を目的として、年輪解析および枝階の生長解析により、樹高生長と樹冠生長の定量的把握を行った。これらの結果に基づき、樹高生長および樹冠生長予測を試みた。植栽後20年～25年で樹高7mを超えた状態をひとつの目安として間引きを開始することにより、樹冠の未閉鎖状態を維持し、下枝の枯れ上りを抑制できると推定された。

キーワード：道路防雪林、植生、樹木の生長過程、維持・管理

## 1. はじめに

北海道の道路防雪林は、1970年代後半に造成が開始されてから、北部と東部を中心に導入が進み、現在、国道における総延長が80km以上に及ぶ<sup>1)</sup>。

道路防雪林の防風、防雪、視程障害緩和の効果は、樹高や枝張りに大きく影響される。そのため、植栽後の生長過程を把握し、防雪機能が発揮され始める時期や、下枝の枯れ上がり防止のための密度管理の開始時期等の目安が求められている。樹木の生長は植栽地の環境条件に左右されるが、人工地盤に造成される道路防雪林の標準的な生長速度は示されていない。

本研究は、既存防雪林の主な植栽樹木であるアカエゾマツを対象に、生長過程の再現と密度管理の開始時期の推定把握を目的とし、年輪解析および枝階の生長解析を行い、樹高生長および樹冠生長の定量的把握を実施した。そして、これらの結果に基づき、樹高生長・樹冠生長予測を試みたので報告するものである。

## 2. 調査地概要と調査方法

### (1) 調査地の位置と概要

調査対象地は、道北2箇所（A防雪林、B防雪林）、道東1箇所（C防雪林）の計3箇所の道路防雪林である。図-1に位置図、表-1に各防雪林の概要を示す。

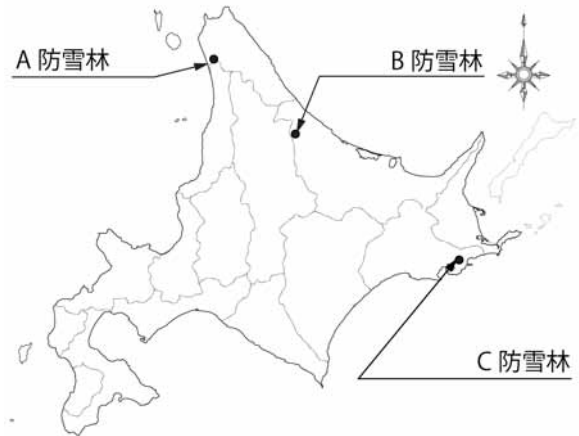


図-1 調査地位置図

表-1 調査対象防雪林の概要

	A防雪林	B防雪林	C防雪林
林帯幅	32.0m	17.6～21.6m	17.0m
全体延長	1,870m	866m	760m
植栽樹種	アカエゾマツ ヤナギ類	アカエゾマツ ブンゲンストウヒ ヤナギ類	アカエゾマツ
植栽配置	列間: 2.4m 苗間: 2.0m 方形植栽	列間: 3.0m 苗間: 2.0m 千鳥植栽	列間: 2.0m 苗間: 2.0m 千鳥植栽
植栽時の樹高 (アカエゾマツ)	0.5m	0.9m	3.0m
植栽年度	H17年度 (2005)	H4年度 (1992)	H元～5年度 (1989～1993)

### (2) 調査方法

#### a) A防雪林・B防雪林

A防雪林から生育良好区画1ヵ所、生育不良区画1ヵ所、

およびB防雪林から生育良好区画2カ所、生育不良区画1カ所を調査箇所として選定し、区画内に植栽されている枯死木や植栽跡を含む20本程度を調査対象木とした。調査対象木の樹高、胸高幹周または根元径、最近3カ年の枝階間の伸長量、4方向の枝の長さを計測し、胸高直径は胸高幹周より算出した。図-2に測定箇所を示す。

また、A・B防雪林からそれぞれ生育良好木2本、生育不良木2本を選定して伐採し、現地で各枝階の地面からの高さと同枝階毎に枝の年間伸長量を計測した。さらに高さ1m（高さ3m未満の樹木では0.5m）ごとに幹に垂直で平面となる円盤を切り取り、室内で各円盤の年輪を4方向別に読み取って年輪解析<sup>2)</sup>を行った。円盤を採取した試料木の大きさを表-2に示す。なお、現地調査は、2011年10月下旬に実施した。

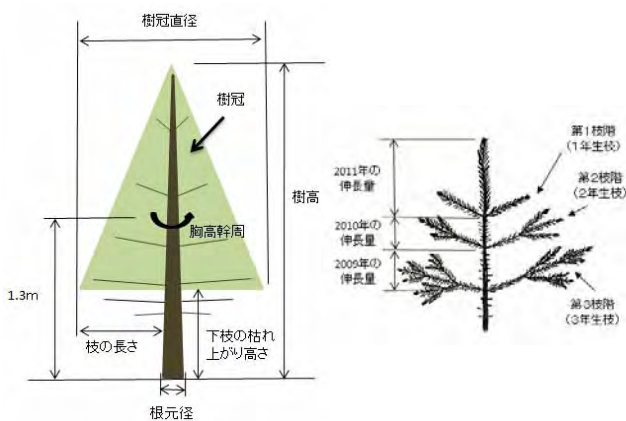


図-2 樹木の計測箇所

表-2 年輪解析に使用した試料木のサイズ

	試料木 No.	樹高 (m)	根元径 (cm)	胸高直径 (cm)
A 防雪林	A-001	2.28	3.5	—
	A-002	2.87	4.5	—
	A-003	0.72	2.0	—
	A-004	0.86	2.2	—
B 防雪林	B-001	6.85	—	5.4
	B-002	1.66	—	0.6
	B-003	1.35	—	0.7
	B-004	6.70	—	5.6

#### b) C防雪林

C防雪林においては、調査対象として3区画を選定した。各区画（延長20m×林帯幅）内の20本を無作為に抽出し、樹高、胸高幹周、最近3カ年の枝階間の伸長量、4方向の枝の長さ、枯れ上がりの高さを計測した。現地調査は2011年9月下旬に実施した。

### 3. 生育状況の調査結果

#### (1) A防雪林

表-3にA防雪林のアカエゾマツの計測データ(平均値)を示す。生育良好箇所a-2(写真-1)の平均樹高は1.81mで、植栽後0.22m/年の伸長量となっている。これに対し、生育不良箇所a-1(写真-2)では、平均樹高は1.06mで年平均伸長量は0.09m/年に留まっていた。a-2の最近3年の伸長量を見ると2010年以降急激に伸長しており、植栽後2~3年程度の生長停滞時期があったことが伺える。

表-3 A防雪林の計測データの平均値

項目	単位	A防雪林	
		a-1	a-2
1区画本数	本	26	24
平均樹高	m	1.06	1.81
平均伸長量	2011年	m	0.11
	2010年	m	0.10
	2009年	m	0.08
植栽後の年平均伸長量	m/年	0.09	0.22
平均根元径	cm	3.64	5.34
平均の枝の長さ	m	0.40	0.56



写真-1 A防雪林の生育良好箇所(a-2)の状況



写真-2 A防雪林の生育不良箇所(a-1)の状況

#### (2) B防雪林

表-4にB防雪林のアカエゾマツの計測データ(平均

値)を示す。生育良好箇所 b-2、b-3 (写真-3) においては平均樹高が 5.54m、および 6.07m であった。年平均伸長量はそれぞれ 0.24m/年、0.27m/年である。生育不良箇所 b-1 (写真-4) では平均樹高が 2.19m、年平均伸長量は 0.07m/年であった。

表-4 B防雪林の計測データの平均値

項目	単位	B防雪林			
		b-1	b-2	b-3	
1区画本数	本	20	20	20	
平均樹高	m	2.19	5.54	6.07	
平均伸長量	2011年	m	0.28	0.44	0.45
	2010年	m	0.27	0.54	0.58
	2009年	m	0.21	0.41	0.31
植栽後の年平均伸長量	m/年	0.07	0.24	0.27	
平均胸高直径	cm	1.25	4.25	5.23	
平均の枝の長さ	m	0.55	1.15	1.30	



写真-3 B防雪林の生育良好箇所 (b-3) の状況



写真-4 B防雪林の生育不良箇所 (b-1) の状況

### (3) C防雪林

表-5にC防雪林のアカエゾマツの計測データ (平均値)を示す。

調査区c-1、c-2、c-3の平均樹高はそれぞれ9.1m、10.7m、7.7mであった。植栽年度は、c-1が平成元 (1989) 年、c-2が平成2 (1990) 年度、c-3が平成5 (1993) 年度である。樹高3.0mの成木植栽であったことから、各区の年間伸長量は、c-1が0.28m/年、c-2が0.37m/年、c-3が0.26m/年である。

C防雪林では樹高が高くなり、樹冠閉鎖が進むと枝の先枯れが生じて枝張りが小さくなっていった。また、樹高生長とともに下枝が枯れ上がっていく傾向が確認されており (写真-5)、通常の樹木の生育状態としては問題はないが、防雪効果に問題が生じる可能性がある個体が数多く確認された。

表-5 C防雪林の計測データの平均値

項目	単位	C防雪林			
		c-1	c-2	c-3	
1区画本数	本	20	20	20	
平均樹高	m	9.10	10.70	7.70	
平均伸長量	2011年	m	0.30	0.30	0.30
	2010年	m	0.50	0.50	0.50
	2009年	m	0.50	0.50	0.50
植栽後の年平均伸長量	m/年	0.28	0.37	0.26	
平均胸高直径	cm	14.20	18.10	14.80	
平均枯れ上がり高さ	m	4.40	5.60	2.10	
平均の枝の長さ	m	1.43	1.49	1.85	



写真-5 C防雪林の下枝の枯れ上がり状況

## 4. 樹高生長と樹冠生長の解析

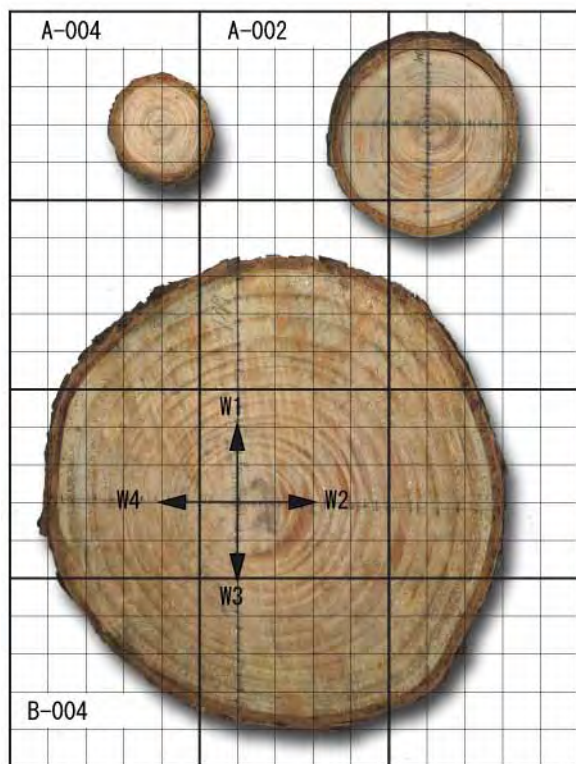
### (1)年輪解析

図-3に、年輪解析に供した円盤の例を示す。年輪のほぼ中心である髓から4方向 (路線終点方向W1とし、W1から時計回りに90° ずつ、W2、W3、W4とする) に出現する年輪の距離を計測し、4方向の平均値を年間の肥大生長量とした。

平均肥大生長量を算出したのちに、生長の様子を分かり易くするため、縦軸に各円盤を採取した地上高さ、横軸にその円盤に現れた年輪の平均半径をプロットし、同齡の年輪の点を順次結んで樹木を縦に半割したような年輪解析図を作成した。図-4、図-5は、B防雪林の生育良好木 (B-004)、および生育不良木 (B-002) の年輪解析図である。両側の年輪と縦軸の交点は、その年輪が形成されたときの樹高を表す。

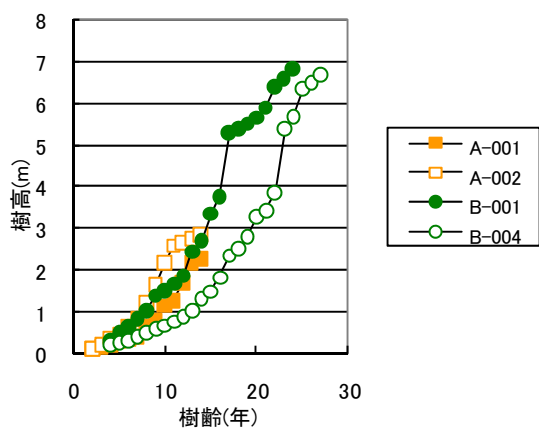
これらの結果を用いて、A防雪林とB防雪林の生育良好木について樹高生長曲線を作成したので、図-6に示す。なお、樹木が採取した円盤の地上高まで生長するには、

年数を要することから、樹高生長曲線の作成にあたり、伐採高に応じ1~4年程度を年輪数に加えて樹齢とした。



A-002 : 樹高 2.87m 円盤の地上高 0.04m  
 A-004 : 樹高 0.86m 円盤の地上高 0.03m  
 B-004 : 樹高 6.70m 円盤の地上高 0.20m

図-3 年輪解析に用いた円盤の例



※ A-001,A-002:A防雪林の生育良好木  
 ※ B-001,B-004:B防雪林の生育良好木

図-6 A・B防雪林の生育良好木の樹高生長曲線

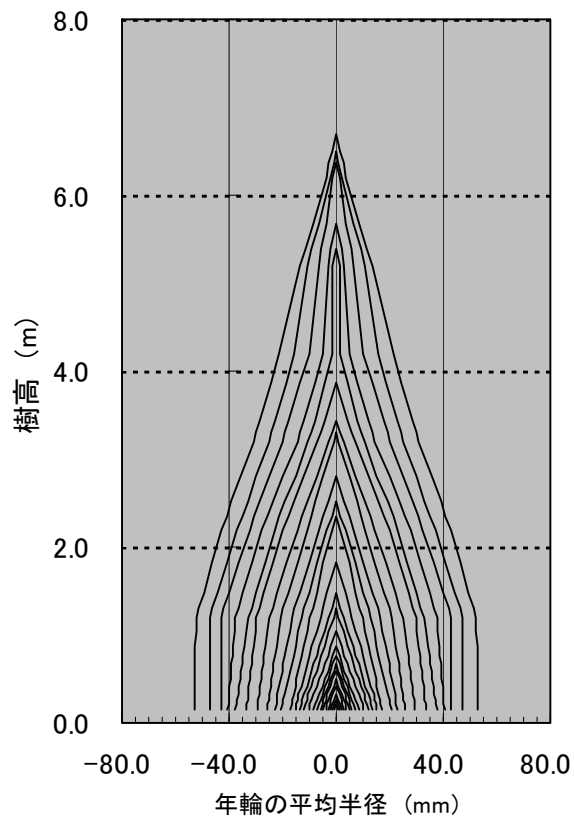


図-4 B防雪林の生育良好木 (B-004) の年輪解析図

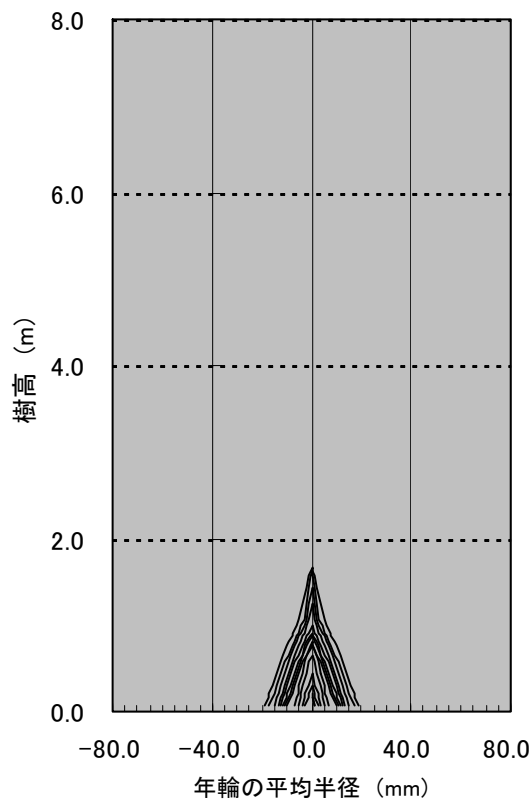


図-5 B防雪林の生育不良木 (B-002) の年輪解析図

## (2) 樹冠生長解析

次に樹齢と樹冠直径 (図-2参照) の関係について解析を行った。

まず、前述の生育良好木4本の平均値に基づいて樹齢と樹高の関係式(1)を算出した。樹齢と樹高の関係を図-7に示す。長期的に見ると樹木の生長はS字曲線(ロジスティック曲線)を示す<sup>3)</sup>が、北海道の原生林におけるアカエゾマツの最終的な平均樹齢が255年程度である<sup>4)</sup>ことを考慮すると、今回の調査対象木が生長初期の段階であることから3次曲線で近似させた。

$$H = -0.0004Y^3 + 0.0245Y^2 - 0.1089Y + 0.3114 \quad \dots (1)$$

ここで、 $H$ : 樹高(m)、 $Y$ : 樹齢(年)

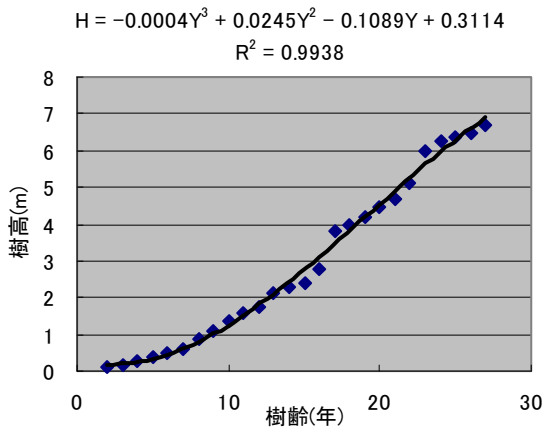


図-7 樹齢と樹高の関係

また、図-8は胸高直径と樹高の関係を図示したものである。この図より、胸高直径と樹高の近似式(2)を算出した。

$$H = 2.6464 \ln(D) + 1.7164 \quad \dots (2)$$

ここで、 $H$ : 樹高(m)、 $D$ : 胸高直径(cm)

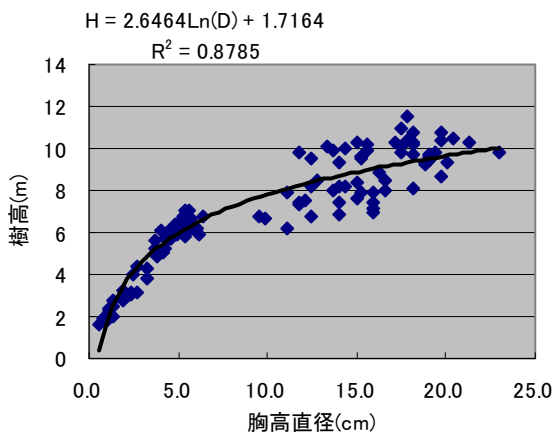


図-8 胸高直径と樹高の関係

胸高直径と樹冠直径の関係においては、拡張相対成長式(Ogawa et al. 1965<sup>5)</sup>; 小川1980<sup>6)</sup>) が適用可能であり<sup>7)</sup>、拡張相対成長式は式(3)で得られる。

$$1/C = 1/\alpha D^h + 1/y \quad \dots (3)$$

ここで、 $C$ : 樹冠直径(m)、 $D$ : 胸高直径(cm)、 $\alpha \cdot h \cdot y$ 定数。

定数を求めるためには、相当数のサンプルと胸高直径60cm前後の大径木での最大樹冠直径が必要である。しかし、本調査ではサンプル数が少ないうえ、大径木もないため拡張相対成長式の適用はできなかった。そこで、図-9に示すようなB防雪林とC防雪林の胸高直径と枝の長さのデータから関係式を導くこととした。

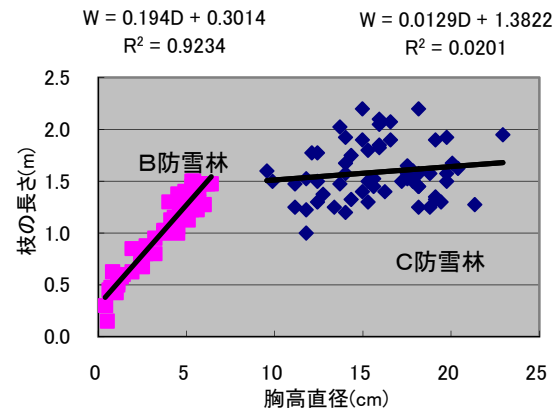


図-9 胸高直径と枝の長さの関係

式(3)によれば、樹冠直径にはある限界があり、それに対して対数曲線に近いカーブを描く。しかしC防雪林では樹冠が鬱閉し隣接木が相互に干渉しているために胸高直径と枝の長さの間には相関が見られない。ここでは生長初期の段階のみに着目し、1次式での近似が可能と考え、図-9より近似式(4)を算出した。

$$W = 0.194D + 0.3014 \quad \dots (4)$$

ここで、 $W$ : 枝の長さ(m)、 $D$ : 胸高直径(cm)

樹冠直径は枝の長さの2倍とし、式(1)、式(2)、式(4)より、樹齢の関数として次の式で表すことができる。

$$2W = 0.38 \exp(aY^3 + bY^2 + cY + d) + 0.60 \quad \dots (5)$$

ここで、 $2W$ : 樹冠直径(m)、 $Y$ : 樹齢(年)

$a = -0.00015$ ,  $b = 0.00925$ ,  $c = -0.04109$ ,  $d = -0.53208$

## 5.考察

現況の道路防雪林を想定し、「道路吹雪対策マニュアル(平成15年版)<sup>8)</sup>」における標準林の植栽配置上での生育状態を予測した。6年生・樹高0.47mのアカエゾマツを列間3.5m、苗間2.0mの3列に植栽したと仮定し、式(5)を用いて植栽後の樹高、および樹冠直径を算出した。図-10は道路防雪林の生長予測模式図であり、図-10上は平面図、図-10下は道路方向から見た側面図である。

道路縦断方向では植栽後15年を過ぎると樹冠が触れあうようになり、植栽後20年では重なり合っている。横断方向では植栽後20年を超えてから隣接する列の樹冠と触れあい、植栽後25年では重なり合う。植栽20年後の樹高は6.7m、植栽25年後の樹高は8.4mである。

B防雪林の事例では、樹高6m程度で隣接木(苗間2m)と樹冠が重なり合っていたが、列間は3mで隣接する列との枝の接触は生じていない。また、下枝の枯れ上がりもわずかしか確認されなかった。

C防雪林の事例では、列間2m、苗間2mの千鳥植栽で、樹高9~10mで樹冠は完全に閉鎖し、下枝の枯れ上がりが地面から5m前後となっていた。また平均樹高8m弱の調査区C-3では、下枝の枯れ上がりは地面から2m程度であった。

これらの生長予測、および調査事例から判断すると、現在造成されている道路防雪林の標準配置(列間3.5m、苗間2m)における適正な間引き時期は、植栽後20年程度で、樹高が7mを超える頃ではないかと推定される。

本調査においては、下枝の枯れ上がり開始時期を推定できるデータは計測できなかった。しかし、樹冠閉鎖によって枯れ上がりが促進されるのは明確であり、樹冠閉鎖時期を推定したことにより、適切な密度管理計画に繋がるものと考えられる。

## 6.おわりに

今回の報告は数少ない事例から生長予測式を求めているため、必ずしも道路防雪林の標準的な予測式とはいえない。今後は調査事例を増やし、より標準化された生長予測式を提供する必要がある。また、本稿においては、生育不良木の生長予測について論じていないが、生育不良木を放置した場合には防雪林の機能発揮は困難と考えられる。そのため、どの時点で、どのような生育状態であれば改植が必要であるかを判断する基準について検討する必要がある。

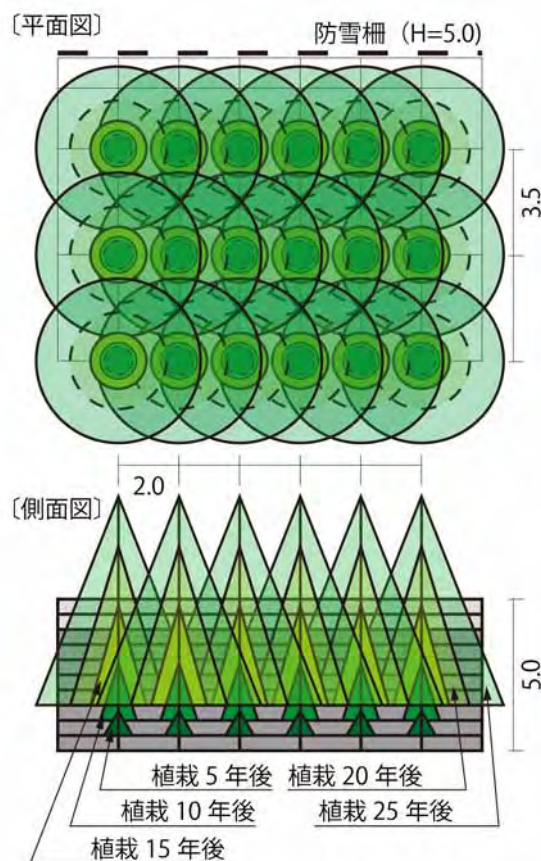


図-10 道路防雪林生長予測模式図

**謝辞**：現地調査にあたっては、独立行政法人 土木研究所 寒地木研究所 道北支所 下道氏をはじめ、関係部局に協力いただいた。ここに記して厚くお礼申しあげる。

## 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) 森林立地調査法編集委員会：森林立地調査法 森の環境を測る, pp.59-60, 博友社, 1999.
- 3) ピーター・トーマス：樹木学, 263pp, 築地書館, 2001,
- 4) 渡邊定元：樹木社会学, p83, 東京大学出版会, 1994,
- 5) Ogawa, H., K. Yoda, K. Ogino and T. Kira : Comparative ecological studies on three main types of forest vegetation in Thailand II. Plant biomass, Nature and Life in Southeast Asia, 4, pp 49-80, 1965.
- 6) 小川房人：個体群の構造と機能, 植物生態学講座 5, p27, 朝倉書店, 1980.
- 7) 岸田昭雄, 向出弘正, 中村和子：天然林における各樹種の胸高直径と樹冠直径との関係, 北方林業, 41, 5, pp.11-14, 北方林業会, 1989,
- 8) 独立行政法人 北海道開発土木研究所：道路吹雪対策マニュアル(平成15年7月)第2編 防雪林編, 国土交通省北海道開発局, 2005.