

平成24年度

道路防雪林における生育良好木と遅滞木の 成長過程の比較について

(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

道路防雪林は防雪効果を早期に発現するため、植栽した苗木の順調な成長が望まれるが、一部で植栽後初期の生育遅滞が見られる。道路防雪林の標準的な成長速度は示されておらず、明確な生育遅滞判定の指標は存在しない。そこで、生育判定の指標を策定する基礎資料とするため、成長が良好な樹木と遅滞している樹木について生育状況を調査し、成長比較を行った。その結果、成長良好木、遅滞木共に植栽後数年間は成長の停滞が見られたが、植栽後10年で樹高差が1m程度となり、早期の対策が重要であることが確認された。

キーワード：道路防雪林、樹木の成長過程、植生

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、2011年の時点で国道における総延長が89km以上に及び、道路防雪林事業は現在も継続している^{1) 2)}。

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。道路防雪林は主に苗木で植栽されるため、植栽後、早期に防雪効果を発揮するよう樹木の順調な成長が望まれるが、一部の防雪林で植栽後初期の生育遅滞が確認されている。

樹木の成長は植栽地の環境条件に左右される。人工地盤に造成される道路防雪林の標準的な成長速度は示されておらず、生育遅滞を判断する指標が存在しない。道路防雪林は、植栽後早期に防雪効果の発揮が望まれることから、適切な育成管理を行う必要がある。生育不良への対応が遅れると回復不能な状況を招く恐れがあるため、成長初期の段階で樹木の生育遅滞を判断し、対策を行う時期等の目安を示すことが求められている。

そこで、成長の指標策定の基礎資料とするため、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、生育状況調査、および成長過程の再現を目的として年輪解析を行い、成長良好木と遅滞木の成長過程の比較を行ったので報告する。

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、アカエゾマツを主な構成木とする道北の2箇所の道路防雪林である。A防雪林は平成17年度に、B防雪林は平成4年度に樹高0.5m程度の樹木の植栽が開始されている。図-1に位置図、表-1に各防雪林の概要を示す。

(2) 調査方法

A、B防雪林において、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20本程度を対象に生育調査を実施した。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、各防雪林の生育良好区画から生育良好木2本、生育不良区画から生育遅滞木2本の合計8本を選定して伐採し、図-3のように現地で全長と各枝階間の長さを計測した。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（写真-1）、室内で各円盤の年輪を4方向別に読み取って年輪解析³⁾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-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
林帯幅	32.0m	17.6～21.6m
全体延長	1,870m	866m
植栽樹種	アカエゾマツ ヤナギ類	アカエゾマツ プンゲンストウヒ ヤナギ類
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
植栽時の樹高 (アカエゾマツ)	0.5m	0.5m
植栽年度	H17年度 (2005)	H4年度 (1992)

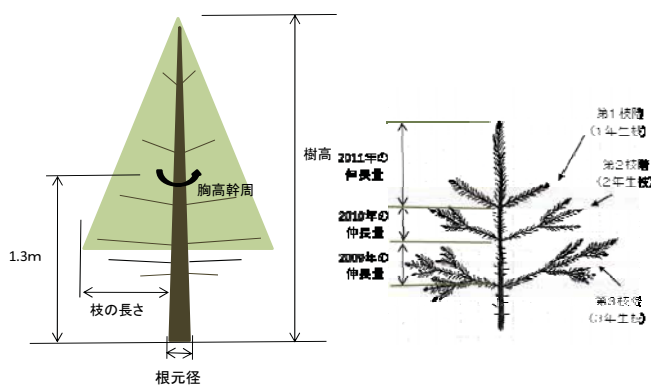


図-2 樹木の計測箇所

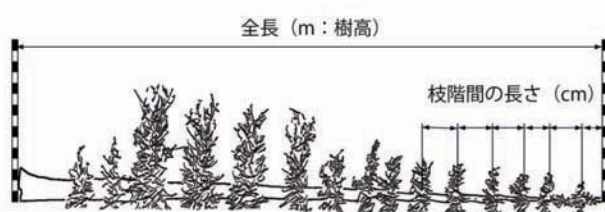


図-3 伐採木の計測箇所



写真-1 試料木からの円盤採取状況

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)	伐採高 (m)
A 防 雪 林	A-001 (生育良好木)	2.28	3.5	—	0.07
	A-002 (生育良好木)	2.87	4.5	—	0.04
	A-003 (生育遅滞木)	0.86	2.2	—	0.03
	A-004 (生育遅滞木)	0.72	2.0	—	0.07
B 防 雪 林	B-001 (生育良好木)	6.85	—	10.8	0.12
	B-002 (生育良好木)	6.70	—	11.1	0.16
	B-003 (生育遅滞木)	1.66	—	1.3	0.17
	B-004 (生育遅滞木)	1.35	5.0	—	0.06

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。生育良好区画A-2(写真-2)の生存率は70.8%で、平均樹高は1.81m、植栽後0.22m/年の伸長量となっている。これに対し、生育不良区画A-1(写真-3)では、生存率53.8%と約半数が枯死しており、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年程度の成長停滞時期があったことが窺える。

(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。生育良好区画B-2、B-3(写真-4)においては生存率が90%以上とほぼ枯死木が無く、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。生育不良区画B-1(写真-5)では生存率が75%と、生育良好箇所に比べ枯死木が多い傾向にあり、平均樹高が2.19m、年平均伸長量は0.07m/年であった。

表-3 A防雪林の計測データの平均値

項目	単位	A防雪林		
		区画・A-1	区画・A-2	
1区画の植栽本数	本	26	24	
生存本数	本	14	17	
生存率	%	53.8	70.8	
平均樹高	m	1.01	1.81	
平均伸長量	2011年	m	0.11	0.36
	2010年	m	0.10	0.30
	2009年	m	0.08	0.16
植栽後の年平均伸長量	m/年	0.09	0.22	
平均根元径	cm	3.6	5.3	
平均の枝の長さ	m	0.40	0.56	



写真-2 A防雪林の生育良好箇所 (A-2) の状況



写真-3 A防雪林の生育不良箇所 (A-1) の状況

表-4 B防雪林の計測データの平均値

項目		単位	B防雪林		
			区画・B-1	区画・B-2	区画・B-3
1区画の植栽本数		本	20	20	20
生存本数		本	15	18	20
生存率		本	75	90	100
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	3.0	8.4	10.5
平均の枝の長さ		m	0.55	1.15	1.30



写真-4 B防雪林の生育良好箇所 (B-3) の状況



写真-5 B防雪林の生育不良箇所 (B-1) の状況

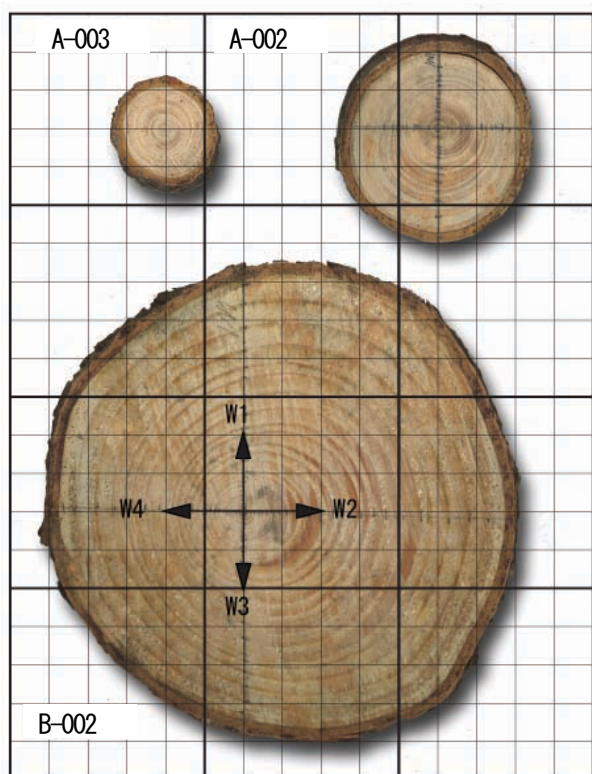
4. 年輪解析

図-4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成長量とした。

平均肥大成長量を算出したのちに、成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、同齢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-5、図-6は、B防雪林の生育良好木（B-002）、および生育遅滞木（B-003）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。

これらの結果から、A防雪林およびB防雪林の試料木の樹齢と樹高の関係を表-5、6に、樹高成長曲線を図-7に示す。なお、樹木が採取した円盤の地上高まで成長するには年数を要する。アカエゾマツは2年生で樹高10cm程度⁴⁾、6年生の出荷時に樹高30cm⁵⁾であることから、樹高成長曲線の作成にあたり、最下部の円盤の伐採高に応じ1~4年程度を年輪数に加えて樹齢とした。また、B防雪林は1992年に植栽されているが（表-1）、

生育遅滞木の 1997 年以前のデータが得られないことから、補植されたものであると推測される。



A-002 : 樹高 2.87m 円盤の地上高 0.04m

A-003 : 樹高 0.86m 円盤の地上高 0.03m

B-002 : 樹高 6.70m 円盤の地上高 0.20m

図-4 年輪解析に用いた円盤の例

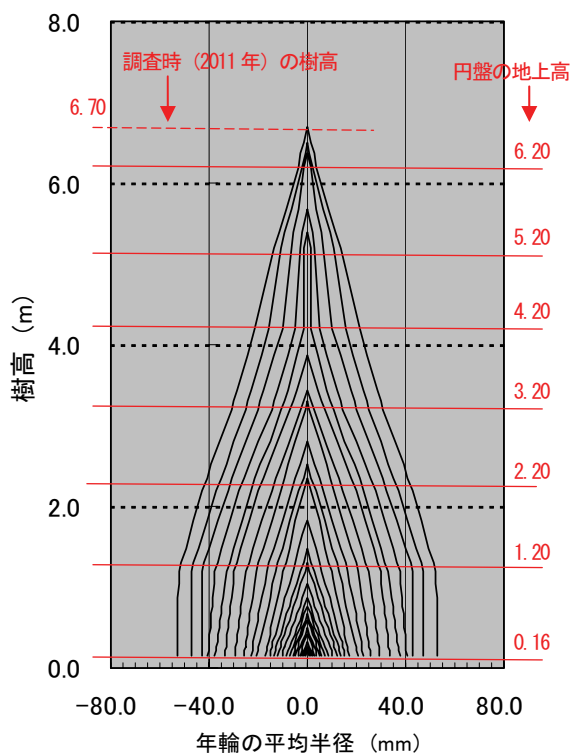


図-5 B防雪林の生育良好木 (B-002) の年輪解析図

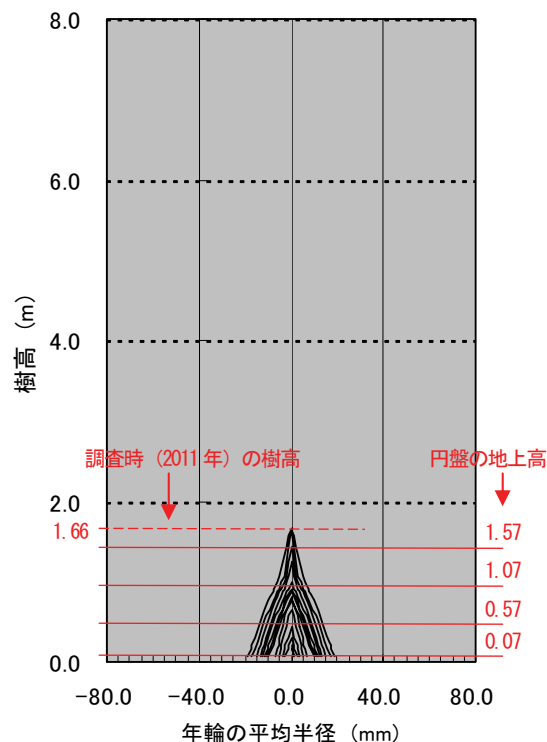


図-6 B防雪林の生育遅滞木 (B-003) の年輪解析図

表-5 A防雪林の試料木の樹齢と樹高の関係

樹齢 (年)	A-001		A-002		A-003		A-004	
	生育良好木	樹高 (m)	生育良好木	樹高 (m)	生育遅滞木	樹高 (m)	生育遅滞木	樹高 (m)
2	1999	0.11	1999	0.08	2002	0.08	2004	0.15
3	2000	0.15	2000	0.18	2003	0.26	2005	0.31
4	2001	0.21	2001	0.36	2004	0.52	2006	0.51
5	2002	0.28	2002	0.44	2005	0.56	2007	0.55
6	2003	0.35	2003	0.64	2006	0.6	2008	0.57
7	2004	0.41	2004	0.82	2007	0.64	2009	0.61
8	2005	0.65	2005	1.22	2008	0.71	2010	0.65
9	2006	0.81	2006	1.64	2009	0.76	2011	0.72
10	2007	1.15	2007	2.19	2010	0.79		
11	2008	1.26	2008	2.59	2011	0.86		
12	2009	1.68	2009	2.66				
13	2010	2.19	2010	2.76				
14	2011	2.28	2011	2.87				

※ は植栽年

表-6 B防雪林の試料木の樹齢と樹高の関係

樹齢 (年)	B-001		B-002		B-003		B-004	
	生育良好木	樹高 (m)	生育良好木	樹高 (m)	生育遅滞木	樹高 (m)	生育遅滞木	樹高 (m)
2					1998	0.17	2000	0.24
3					1999	0.22	2001	0.58
4	1991	0.27	1988	0.21	2000	0.31	2002	0.62
5	1992	0.46	1989	0.26	2001	0.45	2003	0.67
6	1993	0.63	1990	0.32	2002	0.66	2004	0.73
7	1994	0.83	1991	0.42	2003	0.75	2005	0.78
8	1995	1	1992	0.5	2004	0.8	2006	0.82
9	1996	1.37	1993	0.59	2005	0.87	2007	0.86
10	1997	1.48	1994	0.67	2006	0.91	2008	0.91
11	1998	1.66	1995	0.77	2007	0.99	2009	0.97
12	1999	1.86	1996	0.87	2008	1.24	2010	1.18
13	2000	2.42	1997	1.04	2009	1.43	2011	1.35
14	2001	2.69	1998	1.31	2010	1.62		
15	2002	3.35	1999	1.48	2011	1.66		
16	2003	3.77	2000	1.82				
17	2004	5.28	2001	2.35				
18	2005	5.38	2002	2.52				
19	2006	5.52	2003	2.81				
20	2007	5.67	2004	3.3				
21	2008	5.9	2005	3.45				
22	2009	6.4	2006	3.87				
23	2010	6.59	2007	5.39				
24	2011	6.85	2008	5.68				
25			2009	6.36				
26			2010	6.5				
27			2011	6.7				

※ は植栽年 (B-003, B-004は推定)

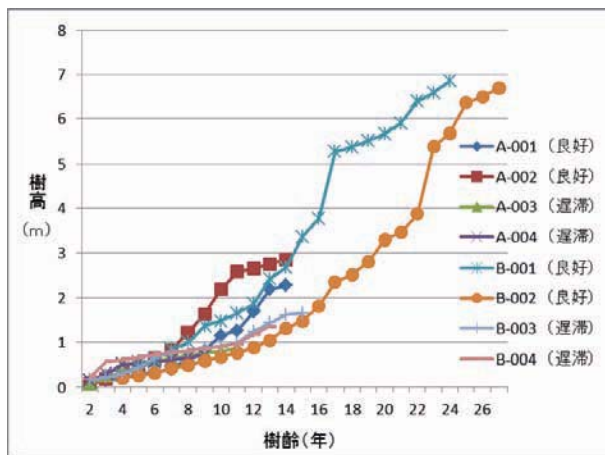


図-7 A・B防雪林の樹高成長曲線

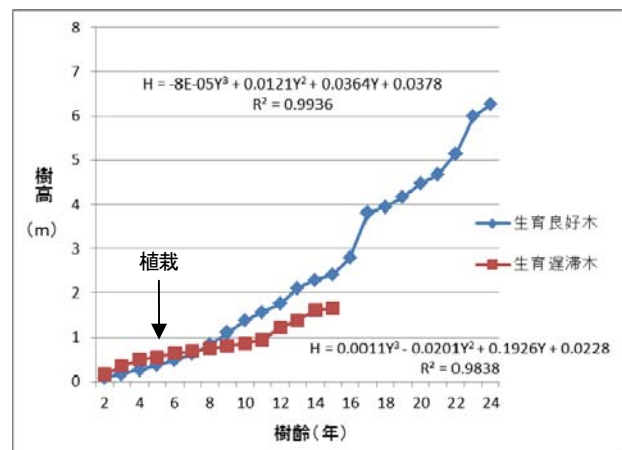


図-8 生育良好木と遅滞木の樹高成長比較

5. アカエゾマツの樹高成長の解析

(1) 樹齢と樹高の関係

図-8は前述のアカエゾマツの試料木の生育良好木4本、および生育遅滞木4本のそれぞれについて、同齢樹の樹高を平均し、樹高成長曲線を求めて比較したものである。各々の平均値に基づいて樹齢と樹高の関係式を算出した。長期的に見ると樹木の成長はS字曲線（ロジスティック曲線）を示す⁶⁾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⁷⁾ことを考慮すると、今回の調査対象木が成長初期の段階であることから3次曲線で近似させている。

生育良好木の樹齢と樹高の関係：

$$H = -0.00008Y^3 + 0.012Y^2 + 0.0364Y + 0.0378 \quad (1)$$

生育遅滞木の樹齢と樹高の関係：

$$H = 0.0011Y^3 - 0.0201Y^2 + 0.1926Y + 0.0228 \quad (2)$$

ここで、 H ：樹高(m)、 Y ：樹齢(年)

年輪解析の結果（表-5、6）から推測されるように植栽時の樹齢が異なると考えられるため、単純に比較はできないが、樹齢5年、樹高0.5m程度で植栽したと仮定すると、生育良好木よりも生育遅滞木の方が植栽時の樹高は高いが、植栽後4年程度で逆転し、生育良好木はその後急速に成長する。なお、本調査では、樹齢が15年程度の生育遅滞木を試料木として用いているため、生育遅滞木が今後どのような成長をするか継続的な調査が必要である。

(2) 植栽後の年数と樹高の関係

植栽時に同一樹齢の樹木が植栽されているわけではないことから、植栽後の成長を比較するため、植栽後の年数と樹高の関係を図示した（図-9）。なお図示にあつ

ては、年輪解析の結果（表-5、6）から以下のことを考慮している。

A防雪林の試験木A-002は樹高1.2m程度、A-004は樹高0.3m程度の樹木が植栽された可能性がある。また、B防雪林においては当初、全区画同一年の植栽と考えていたが、試料木B-003およびB-004は、試験木B-001およびB-002が植栽されてから10年程度経過した時点で、樹高0.5m程度の樹木を補植されたものであると推測される。

図-9から、植栽後初期の成長停滞は生育良好木でも生じている場合があるが、その後の成長に差が生じていることが窺える。

さらに、A防雪林は植栽時の樹高にばらつきがあることが考えられることから、B防雪林に着目し、生育良好木と生育遅滞木をそれぞれ平均し、植栽後の年数と樹高の関係、および年間の伸長量を比較した（図-10、11）。

植栽後初期の成長停滞は生育良好木でも生じているが、植栽4年後には成長が回復しており、植栽8年後から急速に成長している。一方、生育遅滞木では、植栽後6年程度まで年間の伸長量が4～7cm程度に留まり、その後緩やかに回復傾向が見られる。

B防雪林の生育遅滞木は補植されたものと推定されるが、成長は停滞傾向にあり、同防雪林の生育良好木が植栽後10年で樹高約3.0mであるのに対し、樹高約1.5mである。生育調査において、生育不良区画で枯死木が比較的多く確認されていることから、成長停滞期間に枯死に至らなかった樹木の成長が回復しているものと考えられる。

なお、A、B防雪林の生育不良区画では、過去の土壌調査⁸⁾において、滞水が確認されており、さらに土壌が硬固であったことから生育遅滞に繋がっているものと推測される。

樹高の成長は、植生基盤の肥沃度により生育の当初から明確な優劣が生じ、年を経るに従いその差が開いてゆくのが普通である⁹⁾。順調な樹木の成長を促し、早期に防雪林の機能を発現させるためには、造成時の生育環境を整えることが重要であり、早期

に生育不良を判断し、対策を行う必要があると考えられる。また補植を行う際には、生育不良の原因を明らかにし、対策を行う必要がある。

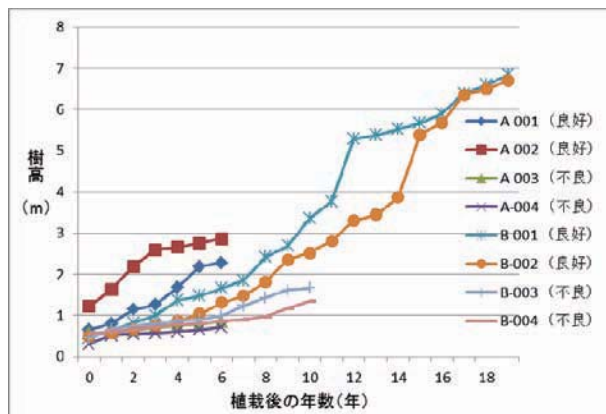


図-9 植栽後の樹高成長の変化

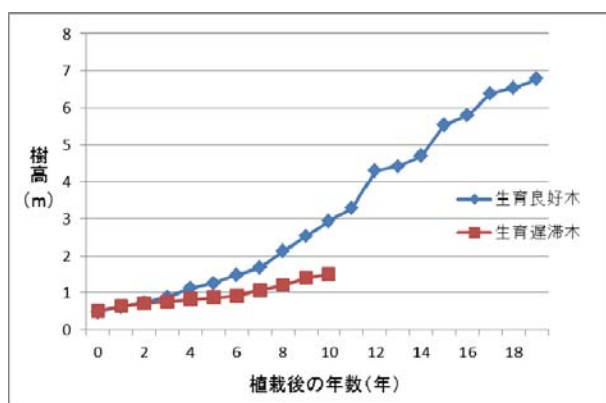


図-10 B防雪林の植栽後の成長比較

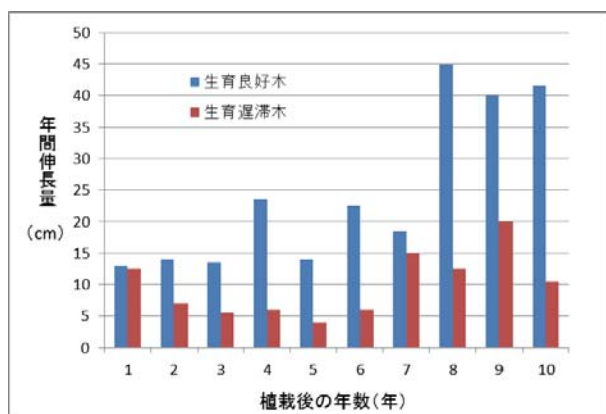


図-11 B防雪林の植栽後の年間伸長量

6.まとめ

本調査の結果、生育良好木は植栽後初期に成長が停滞する場合もあるが、植栽後4年程度で成長が回復し、その後急速な成長が見られた。一方、生育遅滞していると

判断された樹木は、植栽後6年程度まで成長の停滞が続いており、その後緩やかな回復傾向にあった。

植栽後10年で生育良好木と停滞木との樹高差は1m以上となることが推測され、順調な成長を促し防雪効果を早期に発揮させるためには、造成時の生育環境を整えること、また生育不良への早期の対応が重要であり、補植を行う場合には、生育不良の原因を明らかにして対策を行う必要がある。

生育遅滞木の成長が今後どの程度まで回復するかは、調査事例を増やし、継続的な調査が必要である。

7.おわりに

今回の報告は数少ない事例から成長予測を行っているため、必ずしも道路防雪林の標準的な成長予測であるとはいえない。今後は調査事例を増やし、より標準化された成長予測式を求め、生育良好木と停滞木の成長過程の比較を行いたい。

道路防雪林は植栽が完了した時点では未完成であり、機能を発揮する状態まで適切に導く育成管理が必要である。育成管理においては、生育不良を判断し、対策を行う時期を図ることが大きな課題であり、その対策が遅れると生き物である防雪林は回復不能な自体を招く恐れがある。そのため、防雪林の成長過程を明らかにし、どの時点でどのような生育状態であれば対策が必要であるかを判断する指標について検討し、提示することで、適切な育成管理に役立てたいと考えている。

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) 北海道開発局：道路現況調査書（平成23年4月1日現在），p282，2012.
- 3) 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.
- 4) 広谷巍：苗畑設計 北方林業会編 北方林業叢書 36 北海道の育苗ハンドブック 前編，186pp，p.2-27，北方林業会，1967.
- 5) 北海道山林種苗協同組合：平成23年度 道苗組自主標準価格表，2011.
- 6) ピーター・トーマス：樹木学，263pp，築地書館，2001.
- 7) 渡邊定元：樹木社会学，p83，東京大学出版会，1994.
- 8) 上田真代，松澤勝，伊東靖彦，高玉波夫，下道純：道路防雪林の土壌基盤と生育状況の関係について，p38，第23回ふゆトピア研究発表会論文集，2011.
- 9) 島崎洋路：増補版 山造り承ります，257pp，川辺書林，2010.