

豪多雪地帯の造林技術の体系化

豪雪地帯の造林技術の体系化

I 研究担当者

本場造林部	蜂屋欣二
東北支場育林部	古川忠
" " 多雪地帯林業研究室	井沼正之
" " "	片岡健次郎
" " "	栗田稔美
" " 造林第2研究室	森麻須夫
山形試験地	遠田武

II 試験目的

わが国の森林面積のおよそ $\frac{1}{3}$ は積雪地帯といわれ、とくに、日本海に面した東北・北陸地方は、積雪の多いところとして知られている。樹種の分布や林木の生育を支配する要因は、土壤・寒さ・風などであるが、積雪が多い地域や、異常降雪地では、さらに、多様な形で造林木の形質を悪化させたり、壊滅的な被害を与える。その主要なものは冠雪害と雪圧害であるが、冠雪害は、ある程度の大きさに達した林分に、突然的に発生するので目立つが、雪圧害（沈降圧・移動圧）は幼齢時の埋雪木に加わる雪圧が原因であって、その起り方は慢性的であるためあまり目立たない。しかし、被害面積・経済的な損失からみても、雪圧害は冠雪害よりはるかに多い。とくに問題視されているのは、積雪深250cm以上の豪雪地帯である。

この地帯は林力増強計画にともなって、近年新生造林地は著しく増加したが、初期の造林地が丁度雪害を受ける大きさに達しているため、今後の破壊的な雪害が懸念されている。

この地帯の造林は、古くから試行を繰り返し今日に至っており、その間数多くの調査研究が行われた。たとえば、農業総合研究所積雪支所による積雪調査、秋田営林局による雪害実態調査と樹種の現地適応、山形県による積雪調査、林試旧山形分場における林木の雪害に関する研究、林試本場および東北支場による豪雪地帯の総合実態調査など多くの調査研究蓄積があり、実態の把握を行っているが、体系的な造林技術の確立はまだ不十分である。

積雪地帯の造林環境は地域によって大きく異なるので、1つの造林技術をどこにでも適用でき

ると考えるのは早計である。それぞれの技術の育林的な意味づけ、それにもとづいた範囲を明確にする必要がある。現段階で豪雪地帯に適用すべき造林技術は極めて乏しい現況にあるため、その確立が急がれている。

林木の雪害は、直接的には雪の物理的な作用によるため、雪害の発生機構や、造林技術はこれまで主に積雪の蓄積の側から研究されてきた。しかし、雪害の発生は、単に積雪だけの条件ではなく、間接的には対応する林木の生理・生態的条件(耐雪機能)によって規定されるから、林木の耐雪機能を解明しなければ、造林技術の確立は困難である。近年積雪環境における林木の耐雪機能の研究が進むにつれて、技術効果の評価の仕方も耐雪機能を重視する見方に変ってきている。

以下豪雪地帯の雪害を中心として、その発生の要因や造林環境、林木の耐雪機能などを考察して、豪雪地帯の造林技術の現状と体系化にあたっての問題点について述べる。

III 試験の経過と得られた成果

積雪地帯の環境特性

林木の雪害を考える場合、まず、雪害の主因である雪の地域的な特徴を明らかにし、それに対する造林対策を講ずる必要がある。

1. 雪質と林木の雪害

積雪は気温や湿度の影響によって変化する性質があるので、林木に与える影響も異なってくる。⁽¹⁾高橋は地域別の厳寒期(1~2月)の平均気温から、おおまかに表-1のように区分した。

表-1 森林雪害からみた積雪地帯区分 (高橋)¹⁾
(厳寒季の特長)

項目	区分	A	B	C
森 林 带		ブナ帯下限以下	ブ ナ 帯	ブナ帯上限以上
代 表 的 地 域		北 陸	東 北	北 海 道
平 均 気 温 °C		0 以 上	0 ~ -4	-4 以 下
降 雪 の 特 長		無 風 多 量	中 間 型	風 雪
積 雪 の 変 態		融 解 変 態	中 間 型	昇 華 変 態
代 表 的 な 雪 質		ザ ラ メ 雪	シ マ リ 雪	かわき ザ ラ メ
主 な る 雪 害		冠 雪 の 害	雪 圧 の 害	風 雪 の 害
積 雪 移 動 の 特 長		不 安 定	安 定	凍 結
そ こ な だ れ の 発 生		多 し	少 な し	稀
入 人 林 の 特 長		階 段 造 林	根 曲 り 多 し	根 曲 り 少 な し

一般に気温が高い場合に湿性のザラメ雪になりやすく、低いとシマリ雪となり、さらに低くなると、乾性シマリ雪、ザラメ雪に変化する。

湿性ザラメ雪は、他の雪質に比べて雪圧は弱いが、傾斜地での動き方は気象の変化にともなって、不安定になりやすい性質がある。階段造林は不安定地の地拵え方法として発達したものであるが、東北地方で少なく、北陸地方で多いのは、雪質が異なるからである。雪圧は、同じ積雪量であれば、湿性シマリ雪、ザラメ雪、乾性シマリ雪、乾性ザラメ雪の順に弱くなる。雪圧の代表的な雪害形態は、林木の根元曲りと、それが誘因で発生する幹の致命傷があげられるが、北海道地方で比較的少なく、東北地方で多いのは、湿性シマリ雪は、乾性の雪質より雪圧が強いからである。雪圧は積雪量の2乗に比例して増大するので、積雪量の多い北陸地方は、やはり根元曲りの害が多く、東北・北陸の共通的な雪害といえる。同じ地域でも、気象条件によって雪質が異なるが、高橋は表-1のようにブナ帯の分布を垂直的な区分の目安としている。

2. 雪の降り方と林木の雪害

同じ積雪量の地域でも雪の降り方や、降る時期が違う場合がある。それを模式図化したのが図-1である。I型はおもに初冬の雪の積もり始めて、短時間に多量の降雪があり、その後平

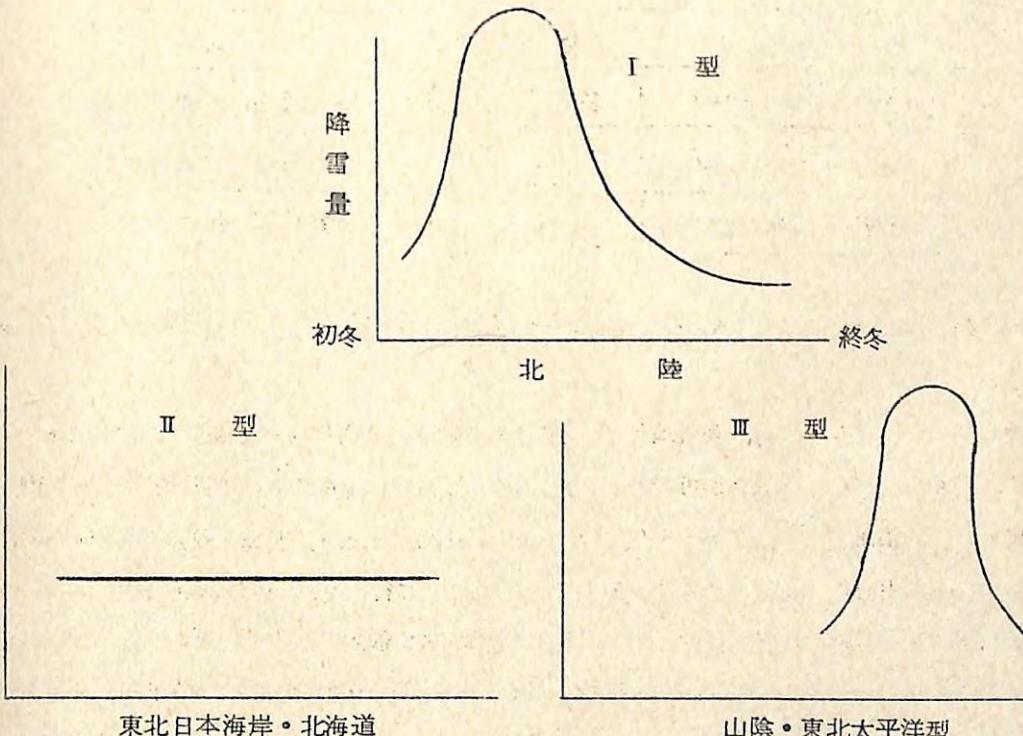


図-1 地域的な降雪の特徴

均的な降り方をする型で、巨視的には北陸地方はこの型で示される。Ⅱ型は冬季間を通じて降り方にあまり変化がなく、東北地方の日本海側や、北海道地方はこの型で示される。Ⅲ型はⅠ型と逆に終冬に短日間に多量の降雪をみる型で、東北地方の太平洋側や、山陰地方に主にみられる。

冠雪害は、気温・風・雪の降り方に関係するが、雪の降り方からみると、一般にⅠ・Ⅲ型に発生する。しかし、Ⅲ型は被害の程度や回数も少ないので、ときによっては大被害をもたらすことがある。この型は一般に少雪地や、無雪地にみられ、冠雪対策のための保育が行われていない場合が多いので、一層被害を大きくしている。Ⅱ型は災害的な被害は少ないので、冠雪は幼齢木の強制的な埋雪のキッカケとなり、根元曲り発達の誘因となる。

3. 積雪深と雪害

雪圧は積雪深の2乗に比例して増加し、雪害も多くなるので、これまでの積雪地帯の造林技術の問題点を整理するうえにも、また、目標と対策を明確にする意味でも積雪深区分は必要で、およそ表-2のように区分される。

表-2 積雪地帯区分

積雪深	区分	造林対策
100cm ~ 250cm	多雪地帯	普通造林地帯
250cm ~ 350cm	豪雪地帯 (第1帯)	特殊造林地帯
350cm 以上	豪雪地帯 (第2帯)	造林不能地帯

積雪深100cm以下の少雪地帯では災害的な冠雪害を除けば、雪圧害の被害はほとんど問題はない。

積雪深100~250cmの多雪地帯でも一般的に致命的な雪圧害を集団的にうけることは少なく、普通造林技術での成林が可能な地帯である。しかし局地的に強い雪圧害をうける場所も出現し、また根曲りなどの形質を悪化させる被害は一般的になる。既往の雪害防除技術の開発はこの地帯を中心に、根曲り防止や形質向上を重点として行われ、一応の成果を得てきている。

積雪深250cm以上は豪雪地帯とされ、成林の困難性は急激に増加する地帯である。このうち250~350cmの積雪深の地帯は既往の造林地の実態解析や調査研究の成果を十分とり入れ、造林適地の選択、樹品種の選択さらに特殊な保育施業を行うことによって、ある程度の成

林が可能と考えられる。近年この地帯に拡大造林にともなうスギ・カラマツの造林地が急増したが、まだ若齢林分で雪圧の受害期に達していない林分が多い。今後成長にともない破壊的な雪害の急増が懸念されるところも少なくない。

おなじ豪雪地帯であっても積雪深350cm以上となると、これまでの造林実績からみても主要造林樹種の生態的対応の限界と考えられるので、将来とも経済林としての造成は不可能と考えられる。

東北地方について積雪深による地帯区分の各帯の面積をみると、多雪地帯42%，豪雪地帯で7%とこの両帯で総面積665万haの半分を占めており、林業経営の上で豪・多雪地帯のとり扱いが重要な位置を占めることが理解されよう。

4. 積雪の移動と雪害

成林が比較的容易とされている多雪地帯にも、成林しない場所がある。これらは、斜面の積雪の動き方に原因している場合が多い。斜面の積雪は多少にかかわらず、絶えず下方に移動している。高橋は積雪の移動の仕方を図-2のように区分し、そして日移動量が20mm以内の

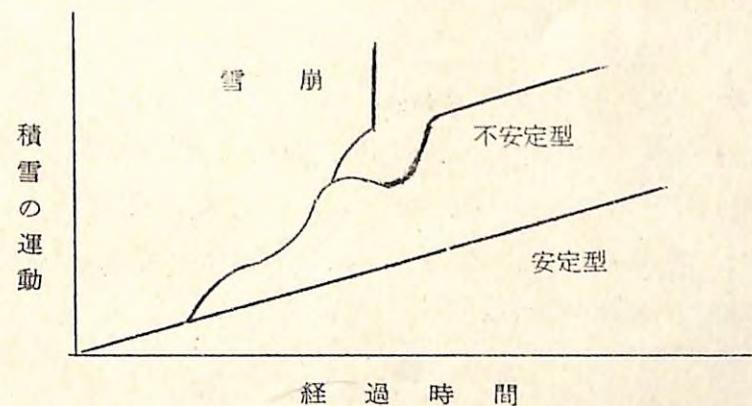


図-2 山地積雪の運動形態 (高橋)⁽²⁾

場合を安定な移動、それ以上を不安定な移動とし、そのような場所を安定地・不安定地としている。

不安定な移動とは、移動量が大きいばかりでなく、速さも気象条件によって変化するので、移動にともなって積雪層に雪割れや、雪皺ができるが、石川は立木周辺の雪割れの状態から図-3のように見分け方の基準を示し、一般に水分を含んだザラメ雪は、不安定になりやすいと

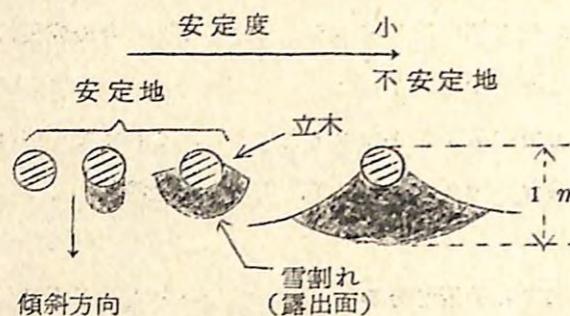


図-3 立木周辺の雪割れ (石川)⁽³⁾

している。新雪がザラメ雪に変態するに要する日数は、東北日本海側地方では50～70日、北陸地方では5～10日であるから、⁽⁴⁾北陸地方は不安定地が多いといえる。多雪地帯で普通の造林方法で成林が可能な場所は、安定地と見てよい。不安定地では一般に林木は地表を這うような状態で生育するから、ほとんど成林の見込みがない。階段地拵えは不安定地の造林方法として古くから知られている。

以上造林的見地から積雪地帯の環境特性を概括したが、この地帯区分はいづれもマクロなものであり、同じ地域内であっても標高、地形、斜面方位、傾斜などによって雪質、雪圧が異なってくる。雪の環境特性を十分に把握して林業経営、造林推進に具体的に役立つよりミクロな環境区分、地域区分が必要である。営林局、県などのレベルで地域的な地帯区分もすすめられてはいるが、より詳細な地帯区分が望まれている。

IV 豪雪地帯の造林環境

豪雪地帯における造林地での雪圧害の発生に関係する要因については、過去の調査研究によって明らかにされてきた。ここでは新たな調査資料を加えて造林地の成林という面から立地要因について検討してみたい。

1. 積雪量とその降り方

積雪量が増大するにつれ雪圧害は増加する。これまでの実態調査例によると造林限界(スギ)は平年値で最大4m前後とされる。しかしこのような限界地帯で成林している林分は、多くの場合小面積であって局所的な環境によって保護されたと考えられる場合が普通である。

植栽面積と残存面積との関係を十分考慮しないと判定を誤る。造林の経済性を考えて造林限界を判断すると、前述の積雪地帯区分でふれたとおり300～350cmが限界となろう。

ある地点の積雪量は年によって大きく変動する。表-3の肘折試験地(山形県)の8年間の例でも少雪年、多雪年で2.6倍の差がある。被害は多雪年の頻度が多いほど大きくなる。

またおなじ表-3に現われているように、年間の積雪量だけでなく、一時的に連続して降る量が被害を大きくすることがうかがえる。初冬に異常な積雪がある場合、冠雪が発達し樹幹は彎曲した状態で埋雪し、その後の積雪の沈降圧によって被害をうける。初冬のドカ雪のような異常降雪は10年に1度という頻度であるといわれるから、林木の成長経過によっては被害を強くうけずに成林する場合もある。

表-3 肘折試験地の積雪と雪害の経年変化

調査年 (冬季)	最深積雪 cm (月、日)	調査時の 積雪 cm (月、日)	最大連続 降雪深 cm (期間)	雪上木 本 数 (%)	埋雪木本数 (%)				残存 木 本 数 (%)
					無害木	既雪害木	新規 雪害木	計	
41～42	—	—	—	—	—	—	—	—	100
42～43	415 (2.19)	290 (3.28)	190 (1/14～18)	9	74	0	17	91	83
43～44	290 (3.23)	—	294 (1/1～6)	—	—	17	15	32	68
44～45	390 (3.22)	290 (3.17)	210 (12/13～15)	10	46	32	12	44	56
45～46	300 (3.12)	250 (3.23)	98 (2/7～10)	22	34	44	0	44	56
46～47	188 (2.26)	—	130 (12/6～9)	—	—	44	3	47	53
47～48	265 (3.27)	260 (3.24)	126 (2/7～10)	38	13	47	2	62	51
48～49	470 (2.14)	400 (3.29)	240 (12/3～10)	14	30	49	7	36	44
49～50	360 (2.17)	330 (3.20)	162 (2/9～12)	19	23	56	2	81	42

* 本数は昭和42年の現存木本数1,815/haに対する百分率(%)で示した。

** 最深積雪と最大連続降雪深(連続降雪期間の降雪深の累計の最大値)は山形県農業気象月報の肘折調査地を転載した。

注： 山形県肘折； 月山東側山麓下部； 標高400m 傾斜20度； 最深積雪深360cm
(平均値)

調査開始 昭42年冬 林齢 14年 平均直径 1.2cm 平均樹高 1.2m
本数 1,815本/ha

2. 地形条件

斜面の位置、方位、傾斜、微地形さらに標高などの地形上の要因も雪害に関係する。しかし、これらは直接的というよりも積雪環境や土壌条件のちがいをとおして働く場合が多く、実態調査の地域によって異なる場合が多い。それぞれの地域の積雪環境と土壌条件をあわせて考察し、地域ごとに造林環境の区分、評価を行うことが必要である。これまでの地形要因についての知見はすでに多く報告されているのでここでは省略する。

3. 土壌条件

図-4は実態調査の結果(表-4)から積雪深と成林の状況の関係を地位ごとにみたものである。これによると積雪深400cm以上では成林する林分はみられないが、400cm以下では積雪深の差よりも、地位のちがいが大きく働いていることがわかる。

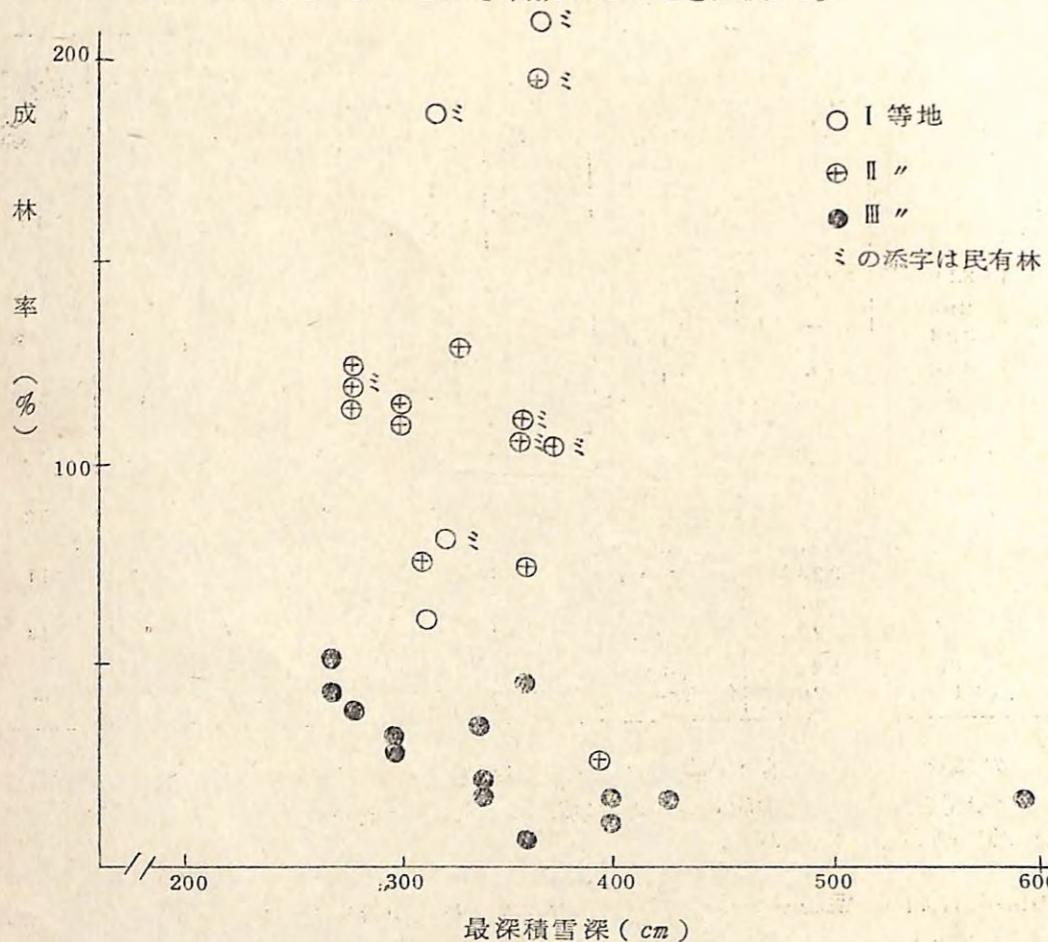


図-4 成林状況と積雪深

表-4 豪雪地帯におけるスギ林の概況 (5)

山系	営林署	地 域	積雪深	標 高	傾 斜	林 齡	本 数	直 径	樹 高	*成林率 %	地 位
月 山 河	新 庄	葉 山	360 {	500	15	48	1,264	17.3	8.4	46	III
				470	13	46	1,058	20.8	12.1	74	II
				700	18	34				6	III
	肘 折	湯殿山	360 {	400	7	38	1,380	21.7	12.9	109	II ○
				380	3	38		23.8	14.3	106	II ○
	鶴 岡	湯殿山	590	800	7	28	1,304	13.6	5.7	17	III
	四 ツ 谷	400 {	700	15	32	331	21.6	8.2	11	III	
			750	14	32	734	17.9	9.3	17	III	
		390	650	9	32	844	21.3	11.1	44	II	
			370 {	18	34	1,180	24.4	15.3	105	II ○	
				15	38	1,576	24.2	17.6	212	I ○	
		550 {	30	42	985	24.3	16.5	97	II ○		
			30	42	985	24.3	16.5	97	II ○		
			30	42	985	24.3	16.5	97	II ○		
	月 山 沢	月 山 沢	320	460 {	10	45	523	36.5	25.3	82	I ○
			260		5	48	961	29.6	20.8	117	II ○
			320		10	30	1,817	22.2	14.2	187	I ○
	仁 田 山	仁 田 山	340	600	19	31	904	14.0	7.5	21	III
			300 {	500	18	37	1,487	19.5	11.3	115	II
				460	13	40	1,163	23.9	15.1	111	II
	志 津	志 津	430	670	10	30	760	17.0	7.9	16	III
	朝 江	大 井 沢	330	600	4	40	1,516	24.7	12.4	129	II
			720 {	720	8	32	827	18.5	7.0	38	III
				600	11	43	1,226	26.6	14.3	112	II
			640	12	43	1,330	22.9	12.7	121	II	
	飯 米	谷 地 平	340 {	920 {	19	36	1,970	15.2	6.8	34	III
			28	28 {	36	1,445	10.2	5.4	17	III	
	豊 沢	岩 倉	310 {	550 {	4	36	1,103	18.6	9.8	78	II
			14	14 {	19	2,708	13.2	7.6	60	I	
	鳥 海	矢 築 川	300 {	620 {	0	41	1,063	15.6	6.4	32	III
			26	26 {	41	985	18.9	7.7	29	III	
			680 {	5 {	50	646	20.6	9.9	43	III	
			7	7 {	55	1,100	18.7	7.7	51	III	

林業試験場：豪雪地帯の造林技術(雪害調査)昭和39～45より

○は民有林、他は国有林

*成林率：収穫表主林木本数に対する健全木(直立して雪害を受けていない)の割合

一般に土壤条件がよく成育が良好であれば、早く積雪深をぬけ出るので、雪圧害をうける期間が少なくなると考えられる。豪雪地帯では一般に土壤の理学性が悪いことが多いが、理学性にめぐまれればかなりの積雪条件下でも成林する場合があることを示している。山谷によれば、東北日本海側の豪多雪地帯で雪害の少い土壤型は、適潤性土壤(B_D)、弱湿性土壤(B_E ・ B_F)であって、峯部の乾燥性土壤(B_B)や山麓平坦地の過湿性土壤($p_s G$)では雪害が多く成林状況が悪い。

豪雪地帯の既往造林地の不成績の要因の一つとして以上の適地判定の誤りも関係している。豪雪地帯では十分な成長を支えるだけの地力が必要であることを認識し、積雪、地形要因とともに土壤要因を解析することが今後の造林にとって重要である。

4. 東北地方豪雪地帯の造林環境

以上雪圧発生に關係する要因を造林の面から検討し、これまでの多くの知見をまとめると、東北地方豪雪地帯での造林環境として、ほぼ表-5のようまとめられる。

表-5 豪雪地帯における造林環境

項目	内容
積雪深	最深積雪 350cm以下
傾斜	25度以下
標高	600m以下
方位	南・西
地位	2等地以上
土壤型	B_D , B_E , B_F

北陸、北海道と地方がかわれば変化するし、東北の中の地域ごとに多少のずれが起るものもある。今後より詳細に地域ごとの造林環境を区分することがこの地帯での造林推進の基本となる問題である。

V スギの樹幹形と雪害

林木の雪圧害の直接的原因は積雪の當力であるが、間接的には林木側の条件、すなわち成長状態や樹幹の形態、さらに根系の発達などが、雪圧害の誘因としてからんでいる。ここでは肘折試験地でのスギ林の追跡調査の資料を中心に樹幹形態の形成経過と雪害との関連を述べよう。

1. 林木の大きさと埋雪

一般に幼齢時期では幹は柔軟で積雪によって容易に倒伏するが、折れ、割れのような致命的な雪害をうけることは少なく、融雪後立上って成長を続ける。幹が成長し柔軟性を失ってくると埋雪しにくくなるが、完全に雪上に抜け出るまでの間が、折れ、割れなどの雪圧の害をうけやすい時期である。

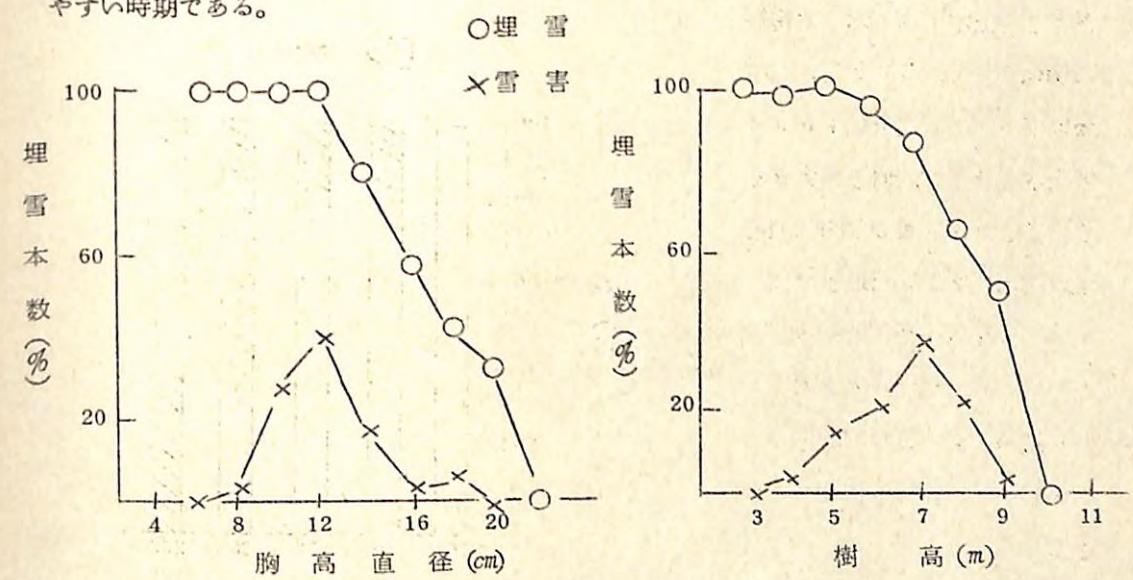


図-5 林木の大きさと雪害の関係
(肘折試験地)⁽⁷⁾

図-5は林木の大きさと埋雪状況および雪害の関係を肘折試験地(最深積雪深360cm)の資料によって示している。これに明らかなように胸高直径10cm以下は完全に埋雪し、直径が大きくなるにしたがって漸減し、18cm前後から急減して完全に雪上木となる胸高直径は22cmである。一方雪害は林木が雪面上にあらわれはじめの12cm前後に多く、全雪害木のおよそ80%はこの時期に発生している。雪害は埋雪木のみに発生し、被害位置は樹幹下部の根元曲り部分に集中しており、その太さは14cm前後がもっと多く80%に達している。樹高でみても胸高直径同様雪上木があらわれはじめの6~7mの埋雪木に雪害が多く70%に達している。樹高が高くなるにしたがって、埋雪木は減少し、樹高10m以上と最深積雪深の約3倍となると埋雪せず雪害も発生しなかった。全林木が雪上木となる樹高を収穫表から推定すると、地位2等地でおよそ林齢30年生前後となる。

2. 樹幹の形態と埋雪

積雪による埋雪は直径、樹高など林木の大きさだけでなく、樹幹の形、とくに樹幹の根元曲りが大きく関係する。

図-6に示すとおり曲りの大きさと雪上木・埋雪木とは密接な関係がある。すなわち、100cm以下の場合100%雪上木となるが、曲りが大きくなるにしたがって段階的に埋雪木が増え、250cm以上では100%埋雪している。雪圧のかかり方は、根元曲りが大きくなる傾斜の著しいものほど大きくなるので、当然埋雪しやすくなる。

図-7にみるよう樹幹の形態別に雪害の経年変化をみると、成林可能な健全木（根元曲りが鋭角で小さく、根元部分を除いて樹幹が直立通直なもの）の本数の経年変化は林齡15年頃より22年生まではほとんど変化していない。これに対して斜立木（根元曲りが大きく、樹幹が斜立しているもの）は経過とともに雪圧害をうけて雪害木に移行してゆくことが明らかである。

このように健全木としての樹幹形成がかなり早く、しかもその後雪害の危険期間を経ても斜立木や雪害木へ移行することが少ないとすることは、雪害対策上極めて重要な点である。この健全木の樹幹形成期はこの試験地での例では林齡でおよそ10年、直径でおよそ8cmの時期までと考えられた。

雪害の多発時期をむかえてから防除を考えてもすでに時期を失しているわけで、それ以前の

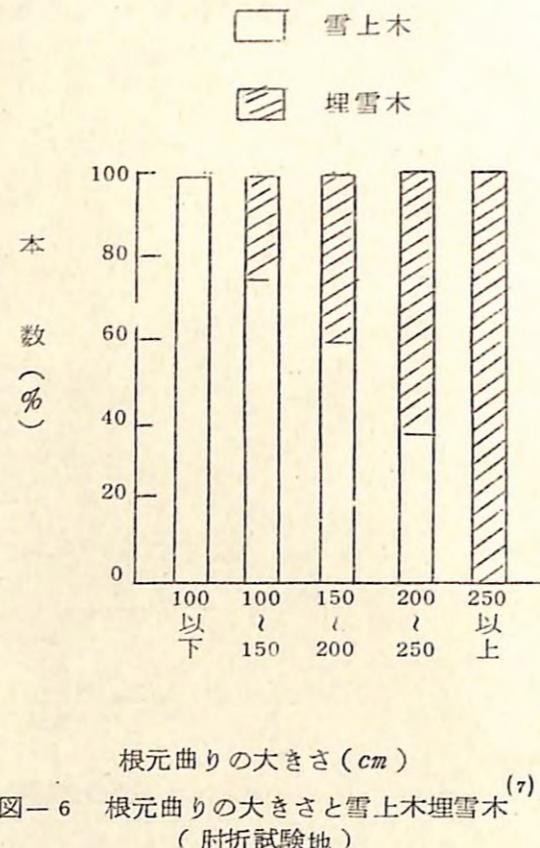


図-6 根元曲りの大きさと雪上木埋雪木
(肘折試験地) ⁽⁷⁾

注. 根元曲り：植栽時の地際の垂直高120cmのところから幹までの水平距離で計測した。

幼齢期の防除対策が極めて重要となるわけである。

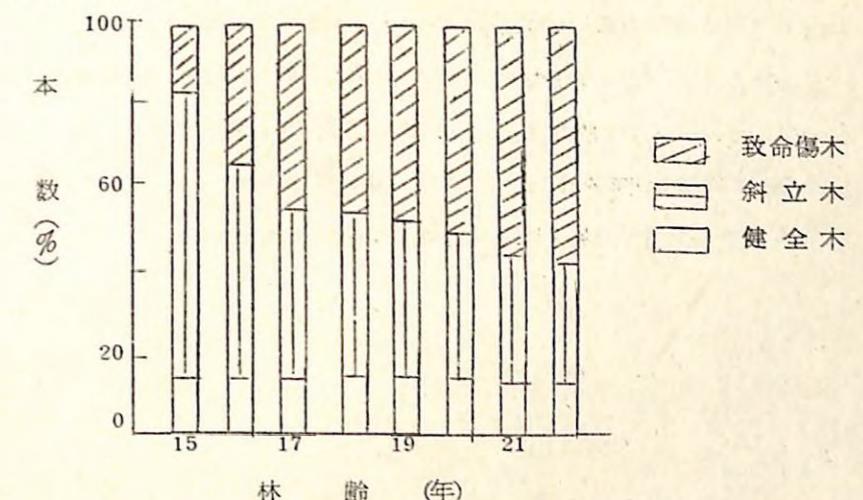


図-7 健全木と雪害木の経年変化 ⁽⁷⁾
(肘折試験地)

成林過程での保育手入れの重要性はこの点からもうらづけられる。さきの図-4に示した積雪深と成林率の関係でも保育手入れの集約な民有林の方が高い成林率を示していた。

またこのような林分内の樹幹形態のバラツキの実態は局所環境や手入れの差だけでなく、遺伝的な個体差にも関係している。現在すすめられている耐雪性個体の選抜も今後とも急速に展開させ、優良な耐雪性品種を造林材料として供給することを急ぐ必要がある。

VI 地下部からみたスギの耐雪機能

多雪・豪雪地帯では造林木は大なり小なり根元曲りとなっている。毎冬の埋雪倒伏そして夏の成長期の起上りをくりかえす過程でおこってくる。この根元曲りの現象は材の利用上はマイナスとなるが、積雪地帯で雪圧に抵抗して成長してゆく林木の一つの適応であると考えられる。⁽¹⁰⁾⁽¹¹⁾⁽¹²⁾

1. 根量と根元曲りの関係

豪雪地帯の傾斜地の林木は、樹種のいかんにかかわらず根元曲りなしに成林することは不可能であるが、問題はその程度である。積雪深170cm、傾斜角30度における垂直柱に加わる雪圧は0.4 ton、水平柱のそれは実に3.6 tonにも達したという報告がある。⁽⁹⁾林木の場合は異なるにしても、これから想像されるように根元曲りが大きいもの（斜立も含む）ほど生育に不利であって、根元曲りの小さい通直な木を育てることが、雪圧を軽減する最善の方法であることが理解されよう。

雪圧の強さによって曲りの大きさが規定されるとすれば、立地条件が同じところでは差がないはずであるが、実際は個体差が大きい。それが何に原因しているかを図-8に示す。これに明らかのように、その大きさは根量（根の付け際の断面積で以下根量という）に左右され、根量が多くなるにしたがって曲りが小さく、曲り方も鋭角である。図-9に林木の斜立角度と根量ならびに冬期の埋雪状態を示したが、角度の小さいグループはやはり根量が多く、埋雪木と雪上木とでも根量の違いがみられ、埋雪木は明らかに劣る。

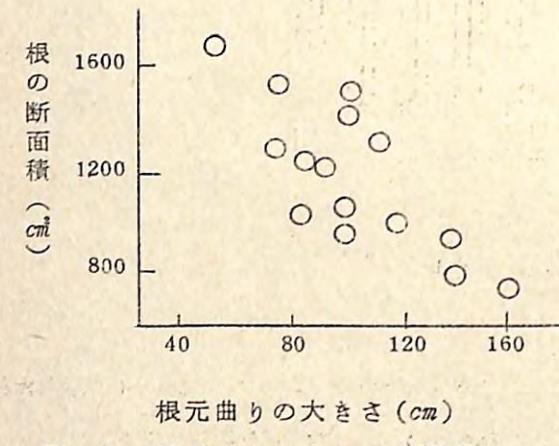


図-8 根元曲りの大きさと根量

このように根量は樹幹形に影響を与えるが、雪害の誘因が樹幹形にある場合は、地上部の大きさに比較して根量が劣ることが大きな原因となっている。

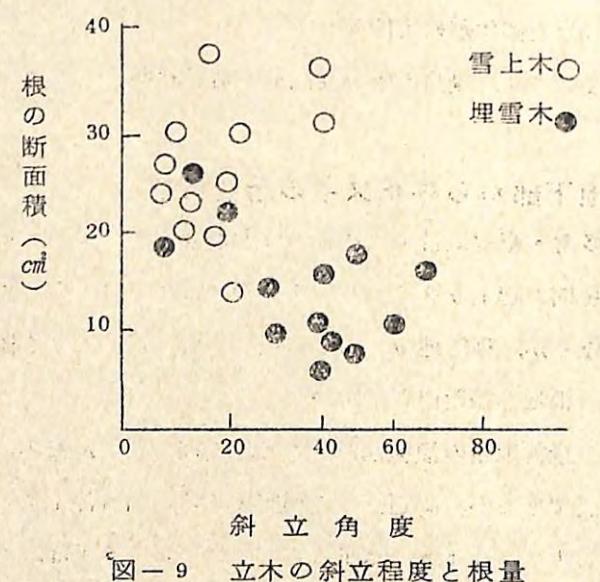


図-9 立木の斜立程度と根量

2. 地下部の構造

根系の発達は健全な樹幹形成の重要な条件となっているが、直立木の地下部分の構造を図-10に示す。これをみると、現在の主幹の地際の位置と植栽時の地際とは、傾斜下方にかなりずれが生じ、また、彎曲した幹が埋没しその部分が根株化している。根量は植栽時の地際から

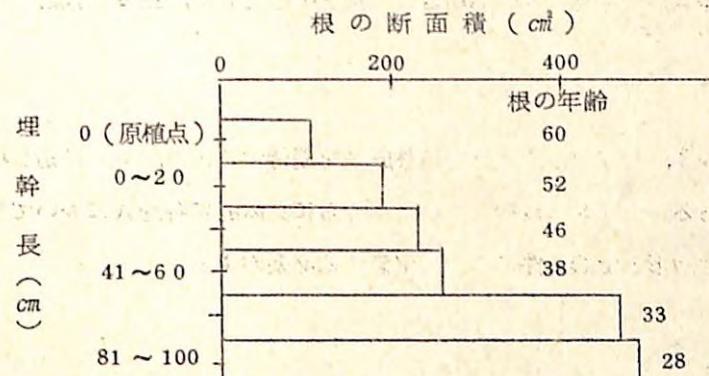


図-10 根元曲り木の根量

遠ざかるにしたがって増加するが、逆に年齢は若くなり、現在の地上部の成長や根系による緊縛力は、これらの若い不定根群によって支えられていることがわかる。以上のような現象は、幼齢埋雪期間中に積雪時の倒伏と、無雪時の立ち上りのくり返しの過程で、接地した幹から次に不定根が発生したことを示す。また、埋幹長によって根量は異なるが、次々に発生する根が次第に緊縛力を強め、それが結果的に根の成長を促進したものと考えられる。

根元曲りが大きくなるにしたがって、曲り方も鈍角で樹幹は斜立するが、一般にこのような林木の埋幹部分に不定根を欠くものが多い。不定根による支えがないため、樹幹の彎曲はますますひどくなり、ついに立ち直り不能となる。

根元曲りは地上部だけでなく、その一部は埋没するので、経済的な損失は少なくないが、埋没した幹は林木が雪圧に対応するための基盤となるから、早くから不定根の発生を促し、基盤形成に努めることが、重要となる。

VII 豪雪地帯の造林技術

これまで述べてきたように積雪はその荷重はもとより、沈降圧、匍匐圧などによって非常に大きい力で林木の成長に影響する。豪雪地帯における造林ではまづこの雪圧の少ないところをえらぶこと、雪圧を出来るだけ軽減することを考えることが必要である。それとともに林木のもって

いる耐雪機能を十分に発揮させるような技術投入をはからねばならない。

豪雪地帯における造林技術については多くの試行や研究がなされているが、積雪環境や地域の差によって結果がまちまちな場合も多く、普遍的技術として体系化されていない段階である。これまで述べてきた問題点から育林技術へ応用される点を中心として、主要な技術について述べてみよう。

1. 適地判定

すでに述べたとおり、豪雪地帯で良好な造林成績を期待するには、第一に造林環境の判定を十分に行うことである。表-5に概括した項目もさらに具体的に各地域において検討せねばならない。とくに局地地形と土壤条件について留意する必要がある。

2. 樹種(品種)の選択

豪雪地帯での造林樹種については古く大正時代から検討され、ドイトウヒ、トドマツ、エゾマツ、ヒメコマツなどの試植が行われた。結論としてスギが最適とされる。とくに耐雪性にすぐれたウラ系のスギがよく、多くの品種の耐雪性の検討もすすめられている。⁽¹⁵⁾⁽¹⁶⁾

カラマツは拡大造林にともなって導入されたが、湿雪地帯では成績は必ずしも良好でない。雪圧が弱い場合にも成林しても、雪圧による幹の彎曲の立直りのための不定根発生が悪いため、順次雪害をうけることが多い。地形条件を考えるとともに乾雪で雪圧の少ない地帯(たとえば厳寒期1~2月の平均気温-4°C以下)では可能性がある。

豪雪地帯の第Ⅰ帯(250~350cmの積雪深)でもスギなどの造林困難箇所が多く混在する。また第Ⅱ帯(350cm以上の積雪深)ではほとんど造林は困難とされる。これらの地帯ではブナの天然更新が望ましい。

3. 苗木の形質

積雪地向きの苗木の形質については、ほとんど検討されてないが、とくに根張りの良い根元の太い下枝の張った苗木がのぞましい。植栽時の根は、その後の不定根の発生・成長にともなって退化するから、根の量はあまり問題でないとの説もある。不定根の早期発生には初期の成長の良否が関係するから、根量は積雪地向き苗木の条件として重要視する必要がある。

さし木苗と実生苗の耐雪性が論議されているが、下枝や根張りの面からは実生苗が適している。さし木苗は一般に根は太いが、根量が少なく、後述するように下枝の役割を考えると、下枝の貧弱なさし木苗は、豪雪地向き苗木として問題がある。しかし、採穂と穂作りの仕方によ

っては下枝の張った苗木の養成は可能であり、また、育苗技術の投入によって根量を増すこともできるといわれているので、このような形質のさし木の養苗が望まれる。

4. 植え付方法

根系の支持力の強弱は、健全な生育や雪害発生の誘因となるから、早くから根系の発達した頑丈な基部が必要となる。したがって、植栽方法も根系との関連で検討されなければならない。それにはまづ耕耘効果が期待されるような方法が好ましいから、植穴を大きくし、丁寧な植え方が基本となる。

積雪地では種々の植栽方法が試みられているが、表-6にその一例を示す。⁽¹⁷⁾これに明らかなように、植栽方法によって根の本数もその断面積も異なるが、とくに、斜め植えと土寄せに不定根の発生が目立っている。このことは植栽時か、その後の幹への覆土は、不定根の発生とその成長を促す効果が大きいことを示している。以上の結果は多雪地での植栽4年後の一例であり、また、豪雪地では未経験であるので、追試が必要である。

表-6 植栽方法と根の発達(植栽4年後)⁽¹⁷⁾

処理	旧根		埋幹の長さ別 2次根								合計			
			0~10cm		11~20cm		21~30cm		計					
	本数	断面積	本数	断面積	本数	断面積	本数	断面積	本数	断面積	本数			
斜め植え	11	cm ²	20	5	11	cm ²	6	10	5	8	16	29	27	49
土寄せ	10	21	5	12	7	10	3	3	15	25	25	46		
深植え	10	18	6	11	3	3	-	-	9	14	19	32		
普通植え	12	20	5	10	-	-	-	-	5	10	17	30		

註 調査木1本当りの直径6mm以上の根を示す。

平坦地の幼齢木は、積雪の沈降によってチョウチンをたたんだような折れ方をすることがあるから、幹を斜めに植えて倒れる方向を一定にすると、ある程度折れの害を防ぐことができる。この際に多少根元曲りを生じるが、傾斜地よりも倒れる角度が小さいから不定根も出やすい。

埋雪期間を短縮する意味で、施肥も重要な手段となるが、前述したように地上部の成長に比べて根量が劣るものに雪害が多いので、林木の埋雪期間中は、地上部の成長よりもむしろ根の

成長を促す成分を主体とした肥料の投与が望ましいと考えるが、その事例は少ない。

雪害との関係では、竹下らはスギ幼齢林について8年間の調査結果から次のように述べている。「加里多用区は雪害が少なく、その回復も良い。健全木本数の割合は加里多用区25%，普通施肥区6%，磷酸多用区13%，対照区23%の順であったが、対照区は他の区より樹高が劣るので今後本数の減少が考えられる」としている。

積雪地での肥培例は少なくない。埋雪期間の短縮を目的としているが、その効果を認めていく例が多いから、肥培の期待は大きい。

5. 植栽本数

多雪地帯の民有林の植栽本数の平均は3,000本/haで、造林の経験の多い人はそれ以下という例が多く、2,500本が標準と考えられている。

雪害による消失が多いから植付本数を多くした方が安全と考えるのは、積雪が特に多いとか、充分に手入れがゆきとどかないといった特殊な条件があって、ある程度成林してくれさえすれば良いといった場合である。活着率が良く以後の保育が適確に行われる場合は、2,500～3,000本程度が一応の標準と考えられる。

植栽本数は経営目標によって決定されるが、積雪地では強健な林木の育成が前提となる。積雪により受害期が過ぎても、冠雪害の危険のあるところでは、やはり健全性が保たれてなければならない。以上のこととは、疎立を基本としており、それがためには疎植するか、あるいは密植して早くから除伐をくり返すことによっても可能であるが、実際的な施業面を考えると、むしろ前者の方が望ましい。

植栽後の本数は、植栽地の自然条件の影響を受けるが、積雪深2m、傾斜20～24度、 $B_D \sim B_D(d)$ 型簡行土における植栽本数比較の一例を表-7⁽¹⁸⁾に示す。植栽本数に対する成林可

表-7 植栽本数と成林本数⁽¹⁸⁾

植栽本数	S48 生存本数 (A)	成林可能本数 (B)	B/A (%)	植栽本数に対する Bの割合 (%)
2,000本	1,259 本	971 本	77	49
	1,265	889	70	44
4,000本	2,349	1,395	59	35
	2,331	1,466	63	37
8,000本	4,444	2,278	51	28
	4,509	2,091	46	26

積雪深200cm 傾斜20～24度 $B_D \sim B_D(d)$

能木の割合は、植栽本数が少なくなるにしたがって高くなるが、実際の本数は逆に減少している。2,000本植栽の場合、林木相互間に競争が始まる樹高は10mと推定されるが、(本数減少がない場合)この2,000本区の現在の樹高は9mで、本数1,200本であるから、競争が始まる前にすでに800本減少し、林地の1/4は空地となっている。

近年疎植の傾向にあるが、以上の例からも想像されるように、本数の減少は少なく、最少限の成林可能木の本数確保すら困難な場合もあり得るから、疎植は人為的な雪害防除が前提であることはいうまでもない。造林地の成績の判定の仕方が論議されているが、前述したように地下部が受ける雪圧の影響は、林齢30年頃までであるから、この時点での成林可能本数は最小限、主林木の本数の確保が一応の目安と考える。

6. 林木の耐雪性を高める保育

1) 下刈り・つる切り

下刈り・つる切りは、耐雪性を高める重要な保育作業で、その良否や期間は後の雪害に影響する。消雪後の立ち上りの早さや垂直に成長してゆくためには、根元が太くまた根が充分発達していることが必須条件であるが、この太い根元と根張りは、下枝から送られてくる同化産物によって作られる。⁽¹⁹⁾したがって、根栽木も下枝を充分に張らせ、光を充分利用できるようにしてやることが大切となる。

植栽後の3～5年間はその後の根系の発達をきめる重要な時期であるので根ぶみが有効である。また、埋雪期間中の下刈りはとくに重要で、下刈りに原因すると考えられる不成績造林地は少なくない。

下刈りの適期を失したり、粗雑な下刈りは下枝の成長の妨げとなるので、下枝が枯れ上がったり、樹冠が橢円形になったりするが、このような樹冠形は下枝の機能を低下させる。下枝の機能が充分発揮できる樹冠とは、下枝がよく発達した三角形の樹冠であるから、潔癖な下刈りを樹幹基部が固定するまで続ける必要がある。とくに初期の3～5年間は不定根の出始めの時期にあるから、適期の充分な下刈りに留意する必要がある。

幼齢時代は幹の曲りを強いられるから、小さな幹の外傷や変形が雪害の誘因となることが意外に多い。もっとも著しいのはつるで、巻き込んだくびれが折れの原因となるばかりでなく、不整な樹冠は補正が困難であるから、後に雪害の誘因となることが多い。ノネズミに食害された林木のほとんどは雪害を受けるが、積雪下が弓状に彎曲する林木に被害が多く、直立木には全く見られない。彎曲部の空洞がノネズミの活動環境を作り出しているためである

から、これを防止するためにも、早くから好ましい樹幹形成への誘導が大切となる。

2) 雪起し

根元曲りは単に形質を悪化させるばかりでなく、破壊的な雪害の誘因となることもあるので、努めて曲りの曲率を小さく固定し、幹を直立させる必要がある。雪起しは、もっとも確実な方法として古くから行われている。しかし、その開始時期や継続期間などについては、まだ理解されてない面があり、効果の判定も明らかでない。また、雪起しは多くの労力を長期間必要とすることから、その省力化が要請されている。

○ 植栽 3 年後から雪起し区

● " 6 年後 " 区

△ 対照区

□ 最深積雪

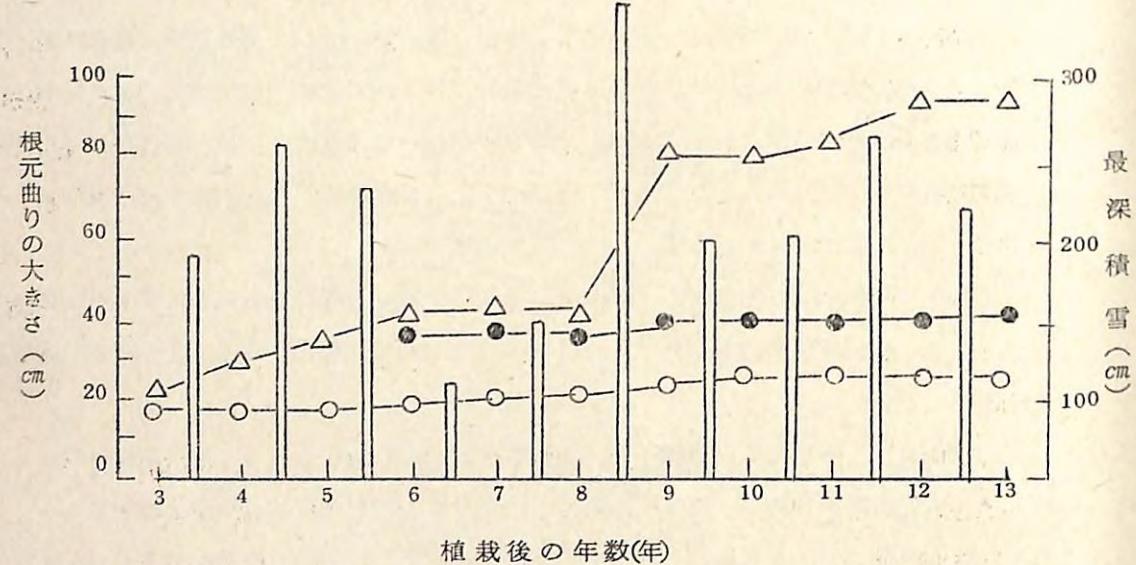


図-11 雪起し開始年および最深積雪と根元曲りの大きさとの関係⁽²⁰⁾

図-11⁽²⁰⁾で雪起し開始林齢と根元曲りの経年変化との関係を示した。これをみても早くから雪起しをしたものは根元曲りも小さい。雪起しをしなかったものは、遅く雪起しをしたものと当初曲りの大きさは変りがなかったが、その後急激に大きくなり、なお漸増の傾向がみられる。急に曲りが大きくなったのは、この年に記録的な大雪に加えて、初冬の異常冠雪によって強制的に倒伏させられたためである。この場合ある程度地下部が固定しておれば、幹

は地上から曲るので復元も早い。固定しない場合は、根浮き根ぬけとなるから幹全体が大きく傾き、支持力を失った樹幹の曲りは、ますます大きくなる。雪起しをしたものと、しないものとの決定的な違いは、根系による緊縛力の強弱にあるから、受害期を平年並みで経過すれば、それほど曲りは大きくならないが、異常積雪や冠雪は予測できないから、やはり雪起しは必要ということになる。

雪起しの継続期間が論議されるが、根系の発達とその成長を促すという意味からは、基部がある程度固定するまで続けることになる。積雪深2m前後のところでは、植栽3~4年後から6~7回、3m前後では10~11回という例が多いが、根系による基部の固定は、この程度の期間が必要ということであろう。

雪起しをしても立ち直りの悪い木は、一般に樹冠が貧弱で根元が細く、根張りも悪い。反対に立ち直りの早い木は、前述した樹形であるから、雪起しはその過程を早めにやる補助手段にすぎないことがわかる。したがって、基本的な条件を無視して補助手段のみに効果を期待しても、投入労力の割合に効果が現われるのは当然であるから、併せて潔癖な下刈保育を長期間行うことによって、さらに効果が期待されよう。

根元曲り木が倒伏と立ち上りを繰り返すと、樹幹基部と地表面との間に空洞ができる、根の発生の妨げとなるので、雪起しと同時に根の成長開始前に根元への盛土は不定根発生に有効⁽²¹⁾である。

3) すそ枝払い

埋雪中の立木の雪害は、下枝が引張られて強制的に幹が引き倒されることによって生ずるから、下枝を切除して倒れる角度を小さくしようとするのがこれまでのすそ枝払いの目的である。すそ枝払いは、もっとも一般的な雪害防止法として広く普及され、その効果はこれまでの定説となっている。しかし、近年その効果をめぐって論議されるようになった。すそ枝払いは、立ち直りを遅らせるという説が多くなったからである。

すそ枝払いの是非の前に、立木がどのような過程で埋雪するかを述べておきたい。埋雪期にある幼齢木は冠雪の重みで梢頭が垂れ、その後の降雪によって雪面に捕捉されることが、倒伏の初因である。

このように立木の埋雪過程をみると、すそ枝払いはそれほど決定的な効果をもたらすとは考えにくい。事実、効果が認められなかったという報告が多い。一方積雪の力学的な実験結果から、すそ枝払い無用論は早計という報告もある⁽²²⁾。

幼齢時は必ず倒伏するが、問題はその立ち直りの早さであって、前述のようにその力は下

枝によって行われる活発な同化作用により、発根とその成長を促すことによって生じる。このように幼齢時の下枝は重要な機能をもっており、また、枝の除去によって失なわれる葉量は、相当な量におよぶから成長に与える影響が大きく、とくに根元の成長の停滞が著しい。⁽²³⁾これを施肥によって補うという考え方があるが、除葉率が高いものほど施肥効果は現われにくい。

埋雪期間中の下枝の除去は好ましくないが、不整形な樹冠は、冠雪により倒伏を早めることになるので、樹冠を整える意味で枝の先端を除去することは有効と考える。埋雪期間中の成長の良否は後の雪害に影響するので、下枝を重要視する必要があるが、雪上木となった後の枝打ちは、耐雪性にそれほど影響しないから、必要に応じて行うことは差し支えない。ただ、過度になると何年かに一度の大雪で被害を被ることになるので、樹高の $\frac{1}{3}$ 以下枝打ちにとどめておきたい。

雪害は雪上木が現われ始めの時期に多発するから、この時期に枝打ちをし、埋雪を防ぐのは意味があるという説も多い。しかし、この時期は、すでに雪害木と健全木の樹幹が形成された後であり、前述したように斜立木のほとんどは雪害木へ移行するから、枝打ちの効果は少ないと考える。

4) 台木による再更新⁽²⁴⁾

ある程度成長した後も直立しえない彎曲木は雪害の誘因となるので、このような立木をなんらかの方法で再生が可能とすれば、雪害多発地の更新法の一つとして注目されよう。

表-8 台木萌芽更新林分の成長状態⁽²⁴⁾

調査項目	全 体	普通木	台木更新木	地位 2 等
ha 当り本数本	726	472	254	951
ha 当り材積 m^3	5.80	4.22	1.58	4.50
平均樹高 m	17.0	17.0	15.0	17.8
平均胸高直径 cm	38.0	39.0	31.0	26.4
根元曲りの大きさ cm	—	130	0	—

表-8は、スギの斜立木を台切し、その萌芽によって見事に成林した一例を示したものである。台木の伐採高は平均170cm、伐採面は癒合し、コブ状を呈していたが、直径は10~14cmで、樹齢3~11年である。

健全な成長を期待するための条件の一つは、基部がしっかりとすることである。このような観点から台木による更新をみると、台木は基部に相当し、台木がしっかりとしていたから、健全な生育が可能となったものと考察される。

台木による更新に問題がないわけがない。萌芽性の強いものでなければならぬし、台木の強度は雪圧に勝るものでないと意味がないので、積雪条件によって台木の条件も変える必要があるか、全くわかっていない。台木による更新には以上のような問題があるが、直立困難な立木に試みたい方法である。

5) 除間伐

立木密度は経営目標によって決定されるが、雪害多発地では成林可能木の確保が最大の課題となるから、耐雪抗力が整う林齢30年前後までの除間伐は、成林の見込みのない不良木が対照となる。日本海側を主産地とするスギの最大成長期は高齢に現われる傾向があり、また、幼齢時の保育に多くの労力を要するから、主伐はできるだけ遅らせたほうが有利である。

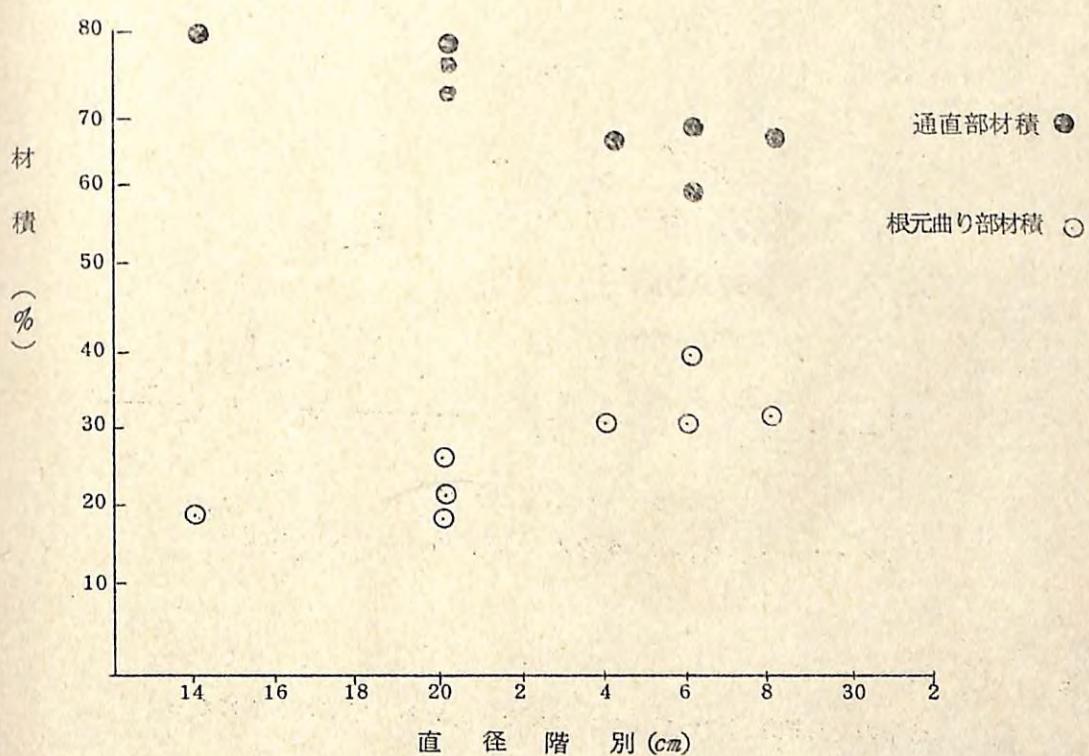


図-12 豪雪地帯におけるスギ各部材積比率(傾斜30° 林齢43)

形質の最大の欠点は、根元曲り材の占める割合が高いことである。図-1-2にその割合を示したが、根元曲りは支持根の過心成長によって回復(ミカケ)するから、早く伐るほど不利となる。⁽²⁵⁾

間伐は成立本数によって異なるが、冠雪の危険がある地方では、林齢30～40年までの過密は危険である。その目安として形状比があるが、そればかりでなく図-1-3に示したように、片枝の樹冠にも多発するから、間伐にあたって立木配置の考慮が必要となる。⁽²⁷⁾

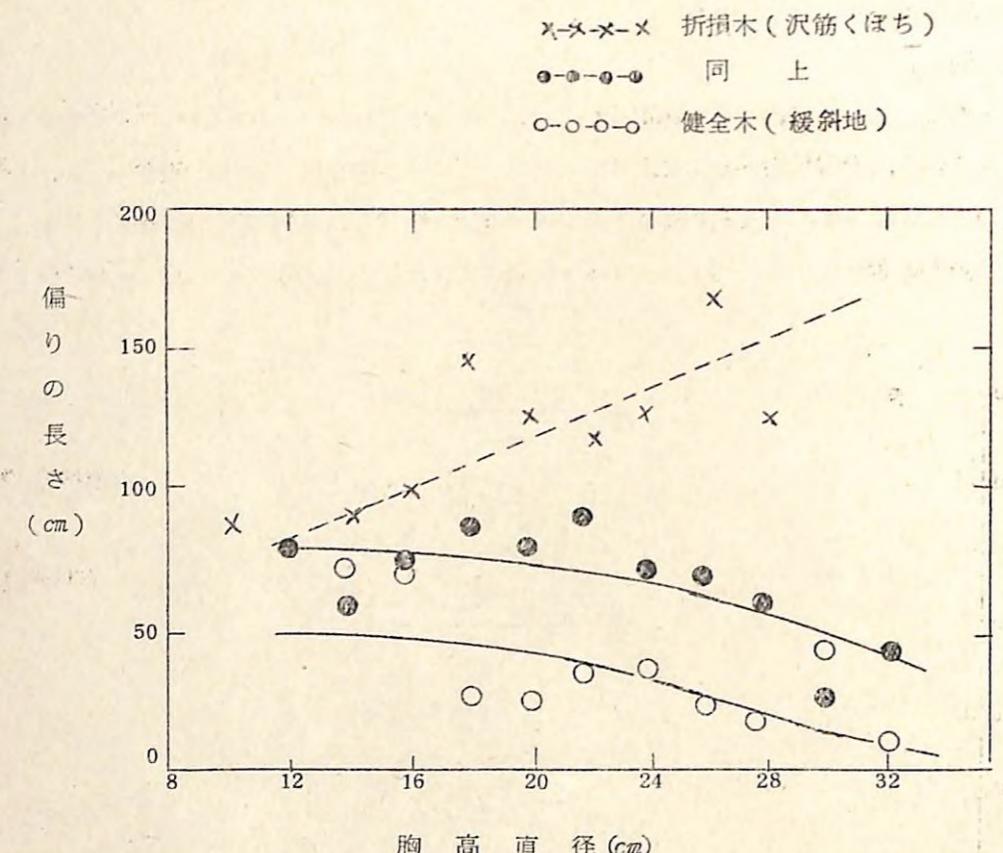


図-1-3 冠雪被害木と健全木の樹冠の偏り(石川・片岡)⁽²⁷⁾

7. まとめ

以上豪雪地帯の育林技術について述べた要点をまとめると以下のようになる。

1) 適地判定

積雪の特性；地形要因などから表-6に概括された環境特性を、具体的に造林予定地について吟味すること。

2) 樹(品)種の選択

豪雪地帯第1帶ではスギ、とくにウラ系スギが最適で、積雪移動が小さい凸部や乾性の積雪地ではカラマツも可能。350cm以上の積雪深では植栽できる針葉樹は見当らず、ごく一部のスギの造林適地以外はブナなどの天然更新をすすめる。

3) 苗木の形質

根張りが良く、根元が太く、下枝の良く発達した健苗が望ましい。さし木苗は根量や下枝の発達に問題があるので、実生苗が適している。

4) 植え付方法

健全な成長には、不定根の発達した頑丈な基部が不可欠である。植栽方法も耕耘効果が期待されるような方法が好ましいから、植穴を大きくし、ていねいな植え方が基本となる。初期の成長が順調か否かは、後の不定根の発生にも大きく影響するから、植え付にはとくに留意する必要がある。

5) 肥 培

埋雪期間を短縮する意味で、施肥も重要な手段となるが、その場合発根とその成長を促す成分も考慮する必要がある。

6) 植栽本数

後述の特殊な保育を前提とする場合、3,000本植栽とし、林齢30年の時点での成林可能本数は、収穫表の主林木に相当する本数の確保を最少限の目標としたい。

7) 保 育

(1) 下刈り

下刈りは、下枝の張った根元の太い耐雪抗力のある樹形を作ることが目標となるから、潔癖な下刈りを樹幹基部が根張りで固定するまで続ける必要がある。植栽初期の3～5年間は、不定根の出始めの時期であるから、この間の根ぶみは重要である。

(2) 雪起し

健全木と雪害木の決定的な違いは、根量にあるが、雪起しは不定根群の発生を促す効果が大きい。根系による基部の固定には、植栽3～4年後から10回程度が一応の目安と考えられる。消雪1ヶ月以内の雪起しと同時に基部への盛土は、不定根発生に有効である。

(3) すそ枝払い

埋雪期間中のすそ枝払いは、林木の耐雪抗力という面から問題があるので、樹冠を整える意味で徒長枝の先端を切除する程度にとどめたい。雪上木となつた以後も、冠雪害を考

慮し、樹高の1/3以下の除枝程度にしたい。

(4) 台木による再更新

直立困難な林木で萌芽している場合、主幹を台切し、萌芽による再更新を試みるのも一つの方法である。

(5) 除間伐

雪害多発地では成林可能木の確保が問題となるので、林齡30年前後までの除間伐は主に直立不能木を対象にしたい。その後は通常の方法で差し支えないが、幼齢時の保育や、根元曲りの回復などから長伐期が有利である。

VII 技術体系化のための問題点

以上述べたとおり、豪雪地帯の造林技術を今後体系的にまとめてゆくにはなお多くの問題点があるが、これまでの調査研究によってかなり明確になった点もまた多い。

今後の問題点としていくつか述べてみたい。

1. 造林適地判定技術の向上

拡大造林における豪雪地帯造林の経験と各種の調査研究の成果から、豪雪、多雪地帯についての造林環境区分の大よその目途はついてきた。しかし具体的に現地におろす場合、現地の具体的積雪環境を精細にとらえることが困難で、かなりの推測値によらねばならぬ現状であり、この点現地調査や航空写真利用のリモートセンシング手法の導入によって、より精度の高い積雪環境区分を行う必要がある。雪の環境は局地的に変化がはげしいので困難ではあるが、適地判定の良否が直ちに成林成績につながるので、この点の把握を最重点とすべきである。

つぎに造林環境区分ごとに施業方針を考える。環境が悪くなるにつけ、造林の経済効果は急速に悪化するので、無理な造林拡大は不得策である。この判断の素材としてこれまでの造林地の実態の分析をさらに進めることが必要である。

2. 耐雪性を高める保育技術の開発

耐雪性は林木側の条件によっても大きく変わり、しかも初期の成長状況が将来の成林成績を支配することがほぼ明らかとなった。この初期の成長をコントロールする保育技術、とくに下刈り、雪起し、初期除伐などの技術の開発と省力化が経営的には最も重要である。

耐雪性の育種も現在事業的に進められているが、選抜されたものの現地検定をとくに急ぐ必要がある。

3. 地域ごとの有効技術の選択とその体系化

また、積雪地帯では地域ごとに環境特性が異なり、おなじ技術でもその効果がまちまちになることが多い、また個別技術の組合せで効果が高まる場合も多い。地域ごとに有効技術を選択し、それを体系化することが必要になる。そのため地域ごとに事業的規模での体系化試験を実行し、個別技術を体系化したときの有効性をさらに検討する必要がある。

以上

文 献

1. 高橋 喜平: 積雪の概要, 東北支場山形分場 1963.5
2. 高橋 喜平: 積雪と階段造林, 林業技術, №256, 1963.2
なだれ防止林の立木密度
3. 石川政幸: 東北支場年報, №9, 1968.10
佐藤正平
川口利次
4. 佐藤啓祐: 裏日本多雪地の積雪環境と森林雪害, 森林立地, №21.2, 1977.3
5. (井沼正之): 豪雪地帯の造林技術(雪害調査), 造林部担当官会議資料, S39~45
(栗田稔美)
(遠田武)
6. 山谷孝一: 積雪とくに豪雪地帯における育林技術, 林業技術, №443, 1979.2
7. 栗田稔美: 豪雪地帯におけるスギ幼齢木の樹幹形態と雪害発生との関係, 東北支場年報 №17, 1976.10
瀬川幸三
井沼正之
8. 石川政幸: スギの雪害と雪の降り方について, 東北支場年報, №11, 1970.10
小野茂夫
川口利次
9. 高橋喜平: 立木に加わる雪压第一報, 林試研報, №210, 1968.3
片岡健次郎
佐藤正平
10. 井沼正之: 豪雪地帯におけるスギ幼齢木の雪害と樹幹形態ならびに根との関係について, 雪氷, 32, 1.2, 1970
栗田稔美

11. 井沼正之: 森林災害とその復元—森林の雪害と防除一, 遺伝, 32, 2, 1978.2
12. 井沼正之: 若齢林分の保有問題—多雪地帯の保育一, 林業技術, №407, 1976.2
13. 四手井綱英: 雪圧による林木の雪害, 林試研報, №73, 1954
14. 井沼正之: 東北地方の耐雪性スギと雪からみた2, 3の問題点, 東北支場たより, №69, 1967.9
15. 栗田稔美: スギ地方品種の耐雪性, 日林東北支誌, №31, 1979.12
遠田武
16. 栗田稔美: 消雪日の違いがスギの成長におよぼす影響, 日林東北支誌, №28,
遠田武 1976.8
青山安蔵
井沼正之
17. 栗田稔美: スギの植栽方法が根系におよぼす影響, 日林東北支誌, №24, 1973.1
18. 佐藤昭敏: スギの雪害と植栽本数, 東北支場たより, №164, 1975.8
井沼正之
19. 塙 隆男: わが国主要造林樹種の栄養および施肥に関する基礎的研究, 林試研報,
№137
20. 栗田稔美: 多雪地帯におけるスギ幼齢木の雪起し効果の一例, 東北支場たより,
遠田武 №223, 1980.7
21. 遠田武: 土寄せによるスギ幼齢木の根元曲り防止効果について, 東北支場たより,
井沼正之 №119, 1971.11
22. 石川政幸: 埋雪中のスギ幼齢木に加わる雪圧—枝打ちの影響について一, 日林東北支
小野茂夫 誌, №25, 1974.1
川口利次
23. 栗田稔美: 雪害防除を目的としたスギ幼齢木の枝打ちと成長, 日林東北支誌, №19,
井沼正之 1968
24. 児玉武男: スギ雪害木の台木による更新の一例, 東北支場たより, №158,
1972.2
25. 井沼正之: スギ根元曲りの形態的特徴, 東北支場研究発表会記録, 昭和38年度,
1965.2
26. 竹下純一郎: 多雪地における林地肥培試験, 岐阜県寒冷地林業試験場報告, №1,
山口清
中村基 1972.4

27. 石川政幸: 昭和42年12月の大雪による釜淵付近のスギの冠雪害, 日林東北支誌,
片岡健次郎 №20, 1968.12

その他の文献

1. 松井光瑠: 造林地の雪の害 林業解説シリーズ №41 日林協 (1970)
2. 渡辺・堀内・高橋: 気象害から樹木を守る, 林業改良普及叢書, №48 全国林業改良普及
協会 (1971)
3. 横山・高橋・土井・坂上: 林木の気象被害, 日林協 (1974)
4. 林試東北支場: 積雪地帯の造林に関する文献目録, I (1965), II (1975)