

スギ人工交配家系の造林初期における雪害抵抗性の発現様式

向 田 稔⁽¹⁾・太 田 昇⁽¹⁾・寺 田 貴 美 雄⁽¹⁾

**Minoru MUKOHDA, Noboru ÔTA and Kimio TERADA : Early Results
of Snow Damage Resistance of Controll-pollinated
Progenies in Sugi, *Cryptomeria japonica***

要 旨：平均積雪深2.5m, 斜面傾斜角度8~30度の山地に植栽した、スギの要因交配家系の5年次と10年次における根元曲り、幹折れ及び倒伏被害を解析した。

積雪地帯におけるスギ造林木の幹折れ被害は緩斜地に多発する。その被害の差異は、母樹親と花粉親の遺伝的な特性が関与するが、遺伝率の推定値は母樹親5.1~8.3%, 花粉親1.2~6.9%であり、いずれも低かった。

根元曲りの被害は、交配家系の母樹親や花粉親によって異なる。根元曲りの違いは、母樹親や花粉親の遺伝的な特性が関与し、遺伝率の推定値は、母樹親23.2~34.2%, 花粉親0~13.2%であり、幹折れ被害よりは高かった。根元曲り、幹折れとも平均優性度はゼロと推定されるので、これらの形質は相加的遺伝子に支配されていると考えられる。

根元曲りと幹折れ被害との関係には、根元曲りの小さい家系は幹折れが多く、負の相関があり、幹の柔軟性と幹の強度が関与していることが示唆された。

倒伏被害は家系よりも環境による違いが大きく影響していると考えられた。

これらは、雪害の発現が安定しない造林初期の結果であるが、そのなかで根元曲りの形質は、5年次においても交配家系間に遺伝的な特性の発現が見られ、早期検定の可能性が示唆された。

I はじめに

スギは、東北育種基本区・西部育種区の主要造林樹種である。しかし、当地域の造林地は、多雪、豪雪地帯であるため雪圧による根元曲りや幹曲りが生じ、収穫期の根元曲り木に占める曲幹材積割合は10~30%に及ぶといわれる⁹⁾。このことは、生産性を著しく低減させ、更に根元や幹が折れたり、割れたりする致命的な被害で成林しない造林地もみられるので、林業経営にとって造林木の雪害回避が最重要課題である。

この方策として、多雪地帯では根元曲りの少ない品種、豪雪地帯では雪圧に耐えて成林する品種を育成することを目的にして、雪害抵抗性候補木を選抜し、これらの雪害抵抗性や環境適応性を把握するために、積雪山地での現地検定と早期検定法の検討が進められている。

スギの精英樹および雪害抵抗性候補木クローンによって雪害の受け方に違いのあること^{7),21)}が報告されているが、遺伝力の推定等の耐雪性抵抗性に関する遺伝的な形質発現の報告は少なく、わずかに人工交配家系を用いた報告例⁷⁾¹⁰⁾があるのみである。雪害抵抗性育種を進めるためには、これら抵抗性形質の遺伝情報の集積が必要である。

この報告はスギ精英樹の要因組合せ交配家系を豪雪山地に植栽し、5年次、10年次に発生した根元折れ、幹折れおよび根元曲り被害の調査データを各変動因にもとづいて分析し、抵抗性の遺伝に関する2・3の知

(1) 東北林木育種場奥羽支場

見が得られたので報告する。

報告にあたり種々御指導と御助言をいただいた関東林木育種場育種課長栄花茂氏、東北林木育種場育種研究室長野口常介氏、同研究員川村忠士氏ならびに、供試材料の交配を担当された東北林木育種場業務課亀山喜作氏(元東北林木育種場奥羽支場勤務)にたいし深く感謝する。

II 材料と方法

1974年に、東北林木育種場奥羽支場(以下奥羽支場)の精英樹採種園で、母樹親7クローン、花粉親12クローンによる要因組合せによって交配を実施した。

この交配で得られた27家系と採種園から採取した自然交雑10家系をあわせ、1977年に試験地が造成された。本報告は、これら自然交雑家系と交配家系の中から、3反復のないものおよび枯損木の多いものを除いた12家系を対象とした。供試家系の母樹親は表—1に示すように、岩船6号・酒田3号・六日町3号、花粉親は新井市1号・秋田1号・岩船3号・仙北1号の7クローンである。

表—1 交配組合せ家系と家系番号(Na①~⑫)および供試本数

♀/♂	新井市1号	秋田1号	岩船3号	仙北1号	合計
岩船6号	① 108	② 108	③ 108	④ 108	432
酒田3号	⑤ 108	⑥ 108	⑦ 108	⑧ 108	432
六日町3号	⑨ 108	⑩ 108	⑪ 108	⑫ 108	432

各家系の植え付け本数は、3反復×36本=108本、家系番号(Na①~⑫)は、表—4, 5, 10及び図—1, 4, 5のNaに符合する。

奥羽支場の苗畑に1975年の春に、まき付養苗した2回床替3年生苗木を、1977年10月に山形県寒河江市幸生、高樋外4国有林127林班り小班、秋田営林局山形営林署(旧寒河江署)に植栽した。

植栽方法は、等高線沿いに斜面を上・中・下の3反復区に分割し、各反復区に1家系6×6本=36本を1.8m方形の間隔で植栽した。プロットの配置は図—1に示すとおり乱塊法により行った。

試験地の地況は表—2に示すとおりで、試験地の斜面上下部および左方部はナラを主体とした天然広葉樹林で、右方部は11年生スギ造林地に囲まれた、海拔高560~660mの山腹南東斜面で傾斜角度は8~30°, 平均積雪深2.5mの豪雪山地である。

本試験地では、植栽当年および5生長期毎に全木について調査を実施しているが、1982年11月(5年次)と1987年11月(10年次)の調査で得られた樹高、胸高直径、幹折れ、根元曲り(傾幹幅)および倒伏被害の5形質について解析を行った。

幹折れ被害木は、折損部位の高さに関係なく「幹折れ」として扱った。なお、5年次調査で幹折れ木となった個体は、復元の程度に関係なく10年次でも幹折れ木として扱った。

根元曲りは、図—2に示すように植栽原点上に垂直にたてたポールの地上1.2m位置と樹幹軸を結ぶ水平距離(傾幹幅)をcm単位で測定した。測定値が傾幹幅1.2m以上の個体は「倒伏木」として扱った。

なお、当試験地では、雪害以外にも野兎等の獣害木も見られたが、これらは調査項目の対象とはせず、また各家系の樹高および胸高直径は、幹折れ木、倒伏木及び樹高1.2m以下の個体を除外して測定した。

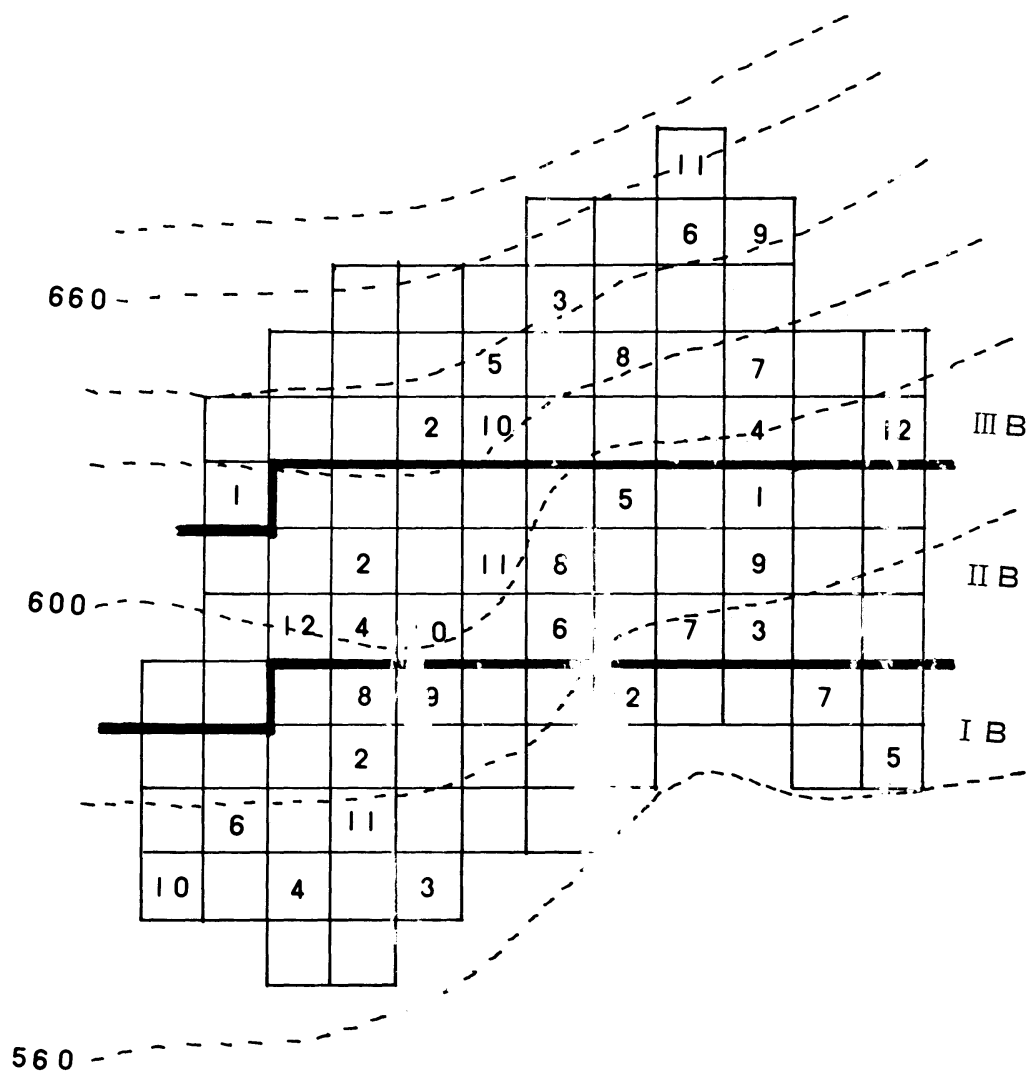


図-1 プロット位置図

----- 等高綫

— I B, 3, III B の反復区界

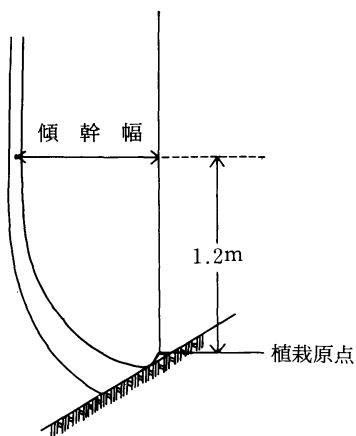
1～12の番号 解析対象とした12家系の番号を示し、

表—1, 4, 5, 及び図—4, 5 の点と符号する。

表—2 植栽地の地況

項 目	反 復			
	I・B	II・B	III・B	全 体
経 度				140°10'
緯 度				38°30'
海 抜 高	580	600	630	560～660m
斜 面 方 位	S E	S E	S E	S E
傾 斜 角 度	10°	20°	25°	8～30°
地 形				山腹平衡斜面
土 壤 型	B _D (d)	B _D (d)	B _D (d)	B _D (d)
土 性	壤土	壤土	壤土	壤土
最高積雪深	平均2.5m, 範囲1.8～3.2m(1980～1987)			
積雪移動距離	平均47cm, 範囲26～96cm(1981～1987)			
降 雪	始期11月上旬, 終期3月下旬			
根 雪 期 間	11月中旬～5月上旬			

注) 積雪移動距離は, 山形県林試佐藤啓介氏が考案した積雪移動測定機を用いて, 地表面の積雪移動距離を測定した値である。



図—2 傾幹幅の測定方法

III 調査結果

当試験地における植栽後5年次と10年次の被害状況は表—3のとおりである。家系別にみた枯損と獣害を含めた平均被害率とその範囲は, 5年次が平均5.5%, 範囲1.9～12.0%, 10年次が平均5.9%, 範囲1.9～12.0%であり, その多くは5年次までに発生したものであった。

表一 3 年次別被害および生立木の本数とその割合

区 分	枯 損	獣 害	幹折れ	倒 伏	未測定木	生立木	計
5 年次 本数	65	6	64	3	86	1,072	1,296
割合 (%)	5.02	0.46	4.94	0.23	6.63	82.72	100
10 年次 本数	65	8	129	136		958	1,296
割合 (%)	5.02	0.62	9.95	10.49		73.92	100

注) 生立木とは、樹高・胸高直径および傾幹幅の測定木。未測定木とは樹高1.2m以下のもの。

5 年次の生立木の平均樹高とその範囲は、205cm, 183~228cmであった。

表一4は10年次における生立木の樹高と胸高直径を示した。平均樹高とその範囲は、388cm, 332~447cmで、平均胸高直径とその範囲は、55mm, 43~67mmであった。各プロット平均値を用いて、樹高と胸高直径について分散分析を行った結果、5 年次の樹高と胸高直径の反復間のみに有意差が認められたが、他には認められない。

表一 4 10年次における生立木の樹高および胸高直径

交 配 家 系			樹 高 (cm)				胸 高 直 径 (mm)			
No.	♀	♂	I	II	III	平均	I	II	III	平均
1	岩 船 6 号	新井市 1 号	501	404	437	447	66	52	58	59
2	〃	秋 田 1 号	378	313	344	345	64	43	45	51
3	〃	岩 船 3 号	324	385	350	353	42	48	39	43
4	〃	仙 北 1 号	332	338	406	359	41	38	55	45
5	酒 田 3 号	新井市 1 号	484	371	423	426	71	47	58	59
6	〃	秋 田 1 号	397	447	475	440	62	62	76	67
7	〃	岩 船 3 号	443	427	378	416	67	59	69	65
8	〃	仙 北 1 号	345	399	461	402	51	52	65	56
9	六日町 3 号	新井市 1 号	328	316	351	332	49	48	50	49
10	〃	秋 田 1 号	352	331	337	340	55	51	53	53
11	〃	岩 船 3 号	390	367	428	395	59	49	60	56
12	〃	仙 北 1 号	463	332	396	397	64	45	57	55
平 均			395	369	399	388	58	50	57	55

1. 幹折れ被害の特性

植栽本数に占める幹折れ木の割合は、5 年次4.94%、10年次9.95%であった(表一 3)。この被害率には雪害によらない枯損木および野兎等の獣害木が含まれているので、これらを差し引いた幹折れの被害率割合を表一 5 に示した。全家系平均は、5 年次が5.2%、10年次が10.6%で、5 年次・10年次とも I ブロックの緩斜地に多く発生する結果となった。

表—5 5年次, 10年次における各家系の幹折れ被害率

交 配 家 系			5 年 次 (%)				10 年 次 (%)			
No	♀	♂	I	II	III	平均	I	II	III	平均
1	岩 船6号	新井市1号	0.0	0.0	5.7	1.9	5.9	0.0	5.9	3.9
2	〃	秋 田1号	5.6	0.0	2.8	2.8	5.6	2.9	8.8	5.8
3	〃	岩 船3号	5.7	2.8	0.0	2.8	11.4	2.8	8.6	7.6
4	〃	仙 北1号	6.3	2.8	2.8	4.0	12.5	11.1	8.3	10.6
5	酒 田3号	新井市1号	6.1	0.0	0.0	2.0	6.1	0.0	0.0	2.0
6	〃	秋 田1号	2.9	2.8	8.6	4.8	5.7	5.6	8.8	6.7
7	〃	岩 船3号	10.0	0.0	2.9	4.3	20.0	3.0	17.1	13.4
8	〃	仙 北1号	17.6	0.0	5.9	7.8	21.2	8.8	11.4	13.8
9	六日町3号	新井市1号	11.4	11.8	3.0	8.7	11.4	11.8	5.9	9.7
10	〃	秋 田1号	11.4	0.0	8.6	6.7	17.6	16.7	14.3	16.2
11	〃	岩 船3号	8.8	0.0	11.1	6.6	21.2	14.7	11.1	15.7
12	〃	仙 北1号	21.2	6.3	3.0	10.2	21.2	28.1	15.2	21.5
平 均			8.9	2.2	4.5	5.2	13.3	8.8	9.6	10.6

交配親による被害の違いをみるため表—5を交配組合せごとに集計して5年次は表—6に, 10年次は表—7にそれぞれ示した。

表—6 5年次における交配組合せ別幹折れ被害率

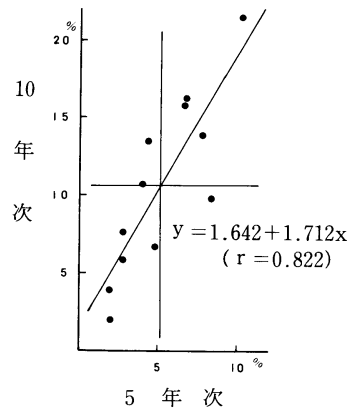
単位: %

♀	♂	新井市1号	秋 田1号	岩 船3号	仙 北1号	平 均
岩 船6号		1.9	2.8	2.8	4.0	2.9
酒 田3号		2.0	4.8	4.3	7.8	4.7
六日町3号		8.7	6.7	6.6	10.2	8.1
平 均		4.2	4.8	4.6	7.3	5.2

表—7 10年次における交配組合せ別幹折れ被害率

単位: %

♀	♂	新井市1号	秋 田1号	岩 船3号	仙 北1号	平 均
岩 船6号		3.9	5.8	7.6	10.6	7.0
酒 田3号		2.0	6.7	13.4	13.8	9.0
六日町3号		9.7	16.2	15.7	21.5	15.8
平 均		5.2	9.6	12.2	15.3	10.6



図— 3 幹折れ被害の経時相関

5年次の被害率の範囲は1.9～10.2%であり、母樹親を岩船6号にした家系は低く、母樹親を六日町3号、花粉親を仙北1号にした家系はいずれも高い値を示した。10年次の被害率の範囲は2.0～21.5%で大半の家系は5年次と同じ傾向を示し、それぞれ倍増しているが、花粉親を新井市1号にした家系はいずれも低い値を示した。5年次と10年次間との幹折れ被害率の関係を図— 3 に示したが、両者間に $r = 0.822$ の高い相関が認められた。

5年次、10年次について幹折れ木を「1」、健全木を「0」として、プロットごとの平均を求め、その分散分析をした結果を、5年次は表— 8 に、10年次を表— 9 に示した。5年次は母樹親間と反復間に1%、10年次は、母樹親間、花粉親間に1%、反復間に5%水準で有意差が認められた。

交配に用いた母集団を無作為交配集団と仮定して、分散分析による遺伝率の推定¹⁾²⁾³⁾を試みた結果、5年次の幹折れ被害は表— 8 より、母樹親間分散(σ_f^2)、花粉親間分散(σ_m^2)、家系間分散(σ_{fm}^2)及びプロット間分散(σ_p^2)をそれぞれ推定し、母樹親からの遺伝率 $hf^2 = 0.0514$ と、花粉親からの遺伝率 $hm^2 = 0.0118$ を算出した。

表— 8 5年次の幹折れ被害についての分散分析

要 因	自由度	平方和	平均平方	分散比	寄与率(%)
反 復	2	0.027848	0.013924	6.763**	24.2
母 樹 親	2	0.016493	0.008246	16.525**	12.6
花 粉 親	3	0.005435	0.001811	3.629	
家 系	6	0.002996	0.000499	0.242	
誤 差	22	0.045301	0.002059		63.2
全 体	35	0.098073			100.0
プロット				母樹親からの遺伝率 $hf^2 = 0.0514$	
内 個 体	1189	57.462844	0.0483287	花粉親からの遺伝率 $hm^2 = 0.0118$	

** : 1%レベルで有意差あり。 σ_f^2 (母樹親間分散) = 0.00064558 σ_m^2 (花粉親間分散) = 0.00014578
 σ_{fm}^2 (家系間分散) = 0.0 σ_p^2 (プロット間分散) = 0.00063379

表—9 10年次の幹折れ被害についての分散分析

要 因	自由度	平方和	平均平方	分散比	寄与率(%)
反 復	2	0.0139385	0.006969	4.600*	7.0
母 樹 親	2	0.0508962	0.025448	19.651**	30.8
花 粉 親	3	0.0493192	0.016440	12.695**	38.8
家 系	6	0.0077674	0.001295	0.855	
誤 差	22	0.0333394	0.001515		23.4
全 体	35	0.1552607			100.0
プロット				母樹親からの遺伝率 $hf^2=0.0826$	
内 個 体	1187	110.0898	0.092746	花粉親からの遺伝率 $hm^2=0.0686$	

*, **: 5%および1%レベルで有意差あり。 $\sigma f^2=0.00201283$ $\sigma m^2=0.00168283$

$\sigma fm^2=0.0$ $\sigma p^2=0.0$

10年次の幹折れ被害は、表—9 から母樹親間分散(σf^2)、花粉親間分散(σm^2)、家系間分散(σfm^2)及びプロット間分散(σp^2)をそれぞれ推定し、母樹親からの遺伝率 $hf^2=0.0826$ 、花粉親からの遺伝率 $hm^2=0.0686$ を算出した。

2 傾幹幅（根元曲り）の特性

5年次・10年次における各家系の傾幹幅（根元曲り）を表—10に示した。その全家系平均は、5年次が37.2cm、10年次が76.5cmであった。5年次・10年次ともIIIブロックの急斜地ほど傾幹幅が大きい結果となった。

表—10 5年次、10年次における生立木の傾幹幅

交 配 家 系			5 年 次 (cm)				10 年 次 (cm)			
No.	♀	♂	I	II	III	平均	I	II	III	平均
1	岩 船6号	新井市1号	36	42	49	42.3	83.2	93.5	85.8	87.5
2	〃	秋 田1号	48	51	42	47.0	75.5	81.6	98.5	85.2
3	〃	岩 船3号	37	40	45	40.7	73.8	77.5	92.4	81.2
4	〃	仙 北1号	25	29	51	35.0	70.5	65.9	92.8	76.4
5	酒 田3号	新井市1号	37	37	46	40.0	77.5	73.5	92.7	81.2
6	〃	秋 田1号	28	34	56	39.3	71.0	68.9	83.2	74.4
7	〃	岩 船3号	34	43	33	36.7	63.9	82.2	85.0	77.0
8	〃	仙 北1号	24	26	45	31.7	66.5	76.1	93.3	78.6
9	六日町3号	新井市1号	25	33	38	32.0	50.8	64.5	81.5	65.6
10	〃	秋 田1号	29	36	40	35.0	79.8	72.9	82.5	68.2
11	〃	岩 船3号	37	29	36	34.0	54.7	72.4	77.6	78.4
12	〃	仙 北1号	25	36	36	32.3	50.6	62.0	79.6	64.1
平 均			32.1	36.3	43.1	37.2	68.2	74.3	87.1	76.5

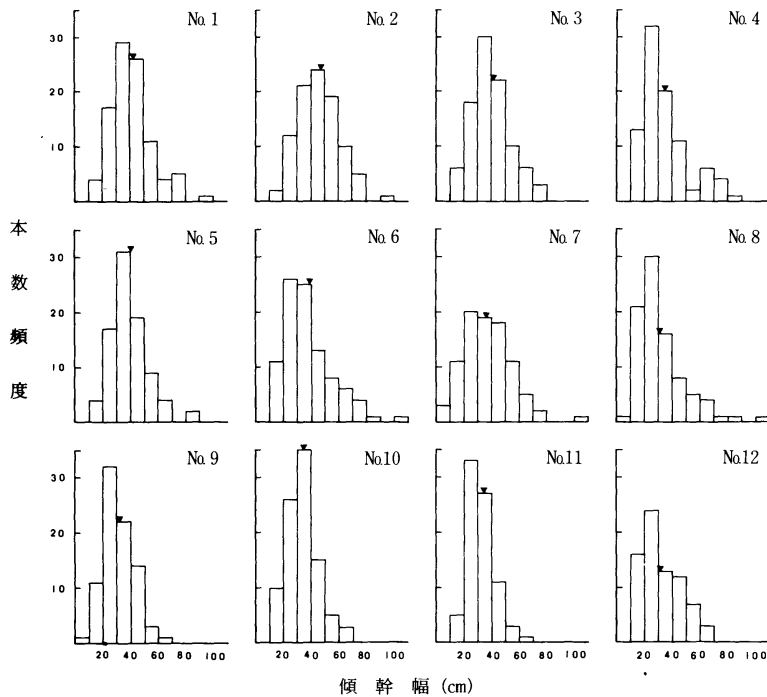


図-4 各家系における傾幹幅(5年次)の度数分布

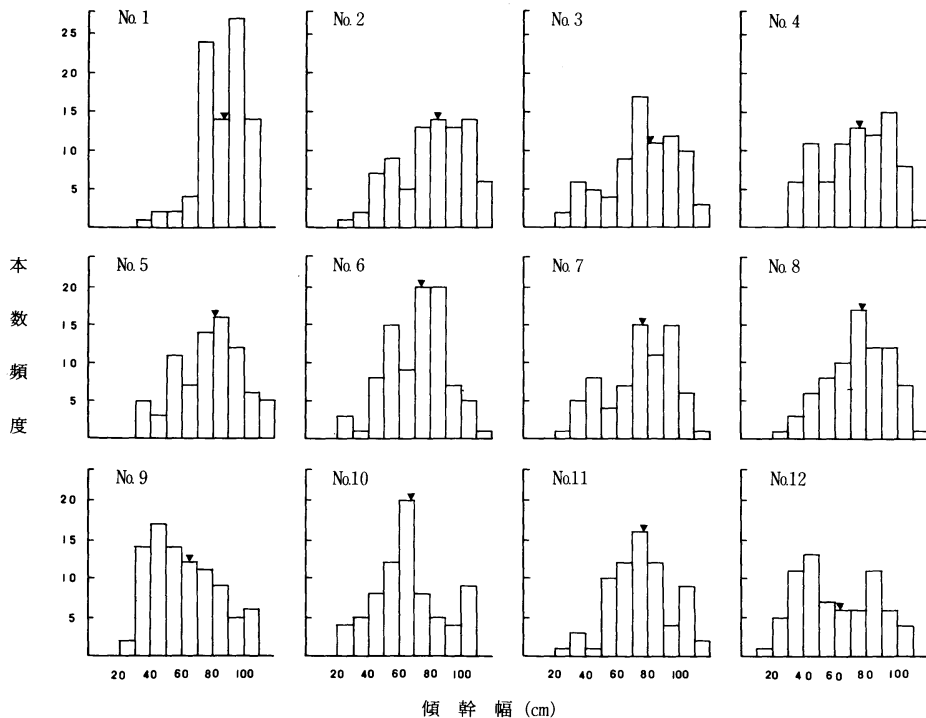


図-5 各家系における傾幹幅(10年次)の度数分布

5年次、10年次の家系ごとの傾幹幅の度数分布を図—4に5年次を、図—5に10年次を示した。この度数分布図は3反復の合計で表した。家系ごとの傾幹幅の分布は平均値やバラツキの幅が異なるが、分布の特性を極端に変えるものではなく、5年次・10年次とも同じ傾向と考えられた。

交配親による傾幹幅の違いをみるために、交配組合せごとに表—10を集計して、5年次は表—11に、10年次は表—12にそれぞれ示した。5年次の傾幹幅の範囲は、31.7～47.0cmで母樹親を岩船6号・花粉親を秋田1号にした家系は大きく、母樹親を六日町3号・花粉親を仙北1号にした家系は小さい結果となった。10年次の傾幹幅の範囲は64.1～87.5cmで増大している。母樹親は5年次と同じ傾向を示すが、花粉親による差は見られない。5年次と10年次との傾幹幅の関係を図—6に示したが両者間に $r = 0.741$ の高い相関が認められた。

表—11 5年次における交配組合せ別傾幹幅

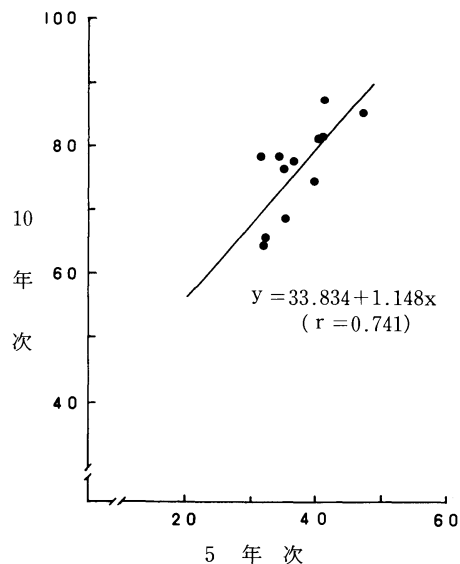
単位：cm

♀	♂	新井市1号	秋田1号	岩船3号	仙北1号	平均
岩船6号		42.3	47.0	40.7	35.0	41.3
酒田3号		40.0	39.3	36.7	31.7	36.9
六日町3号		32.0	35.0	34.0	32.3	33.3
平均		38.1	40.4	37.1	33.0	37.2

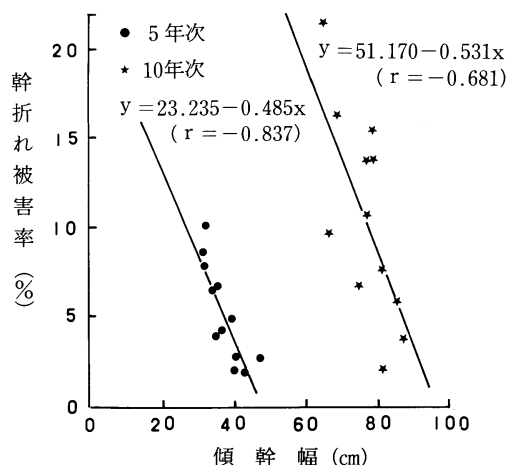
表—12 10年次における交配組合せ別傾幹幅

単位：cm

♀	♂	新井市1号	秋田1号	岩船3号	仙北1号	平均
岩船6号		87.5	85.2	81.2	76.4	82.6
酒田3号		81.2	74.4	77.0	78.6	77.8
六日町3号		65.6	68.2	78.4	64.1	69.1
平均		78.1	75.9	78.9	73.0	76.5



図—6 傾幹幅の経時相関



図一七 傾幹幅と幹折れ被害率との関係

傾幹幅と幹折れとの関係は図一七に示すように、両者間に5年次では $r = -0.837$ の1%水準で、10年次では $r = -0.681$ で5%水準の負の相関があり、傾幹幅の小さい家系は幹折れが多い関係が認められた。

表一13 5年次の傾幹幅についての分散分析

要 因	自由度	平方和	平均平方	分散比	寄与率(%)
反 復	2	738.500000	369.250000	9.051**	27.6
母 樹 親	2	377.166667	188.583333	10.591*	12.4
花 粉 親	3	261.000000	87.000000	4.886*	5.8
家 系	6	106.833333	17.805556	0.436	
誤 差	22	897.500000	40.795454		54.2
全 体	35	2381.000000			100.0
プロット				母樹親からの遺伝率 $hf^2 = 0.2321$	
内 個 体	1036	188808.322	182.2474151	花粉親からの遺伝率 $hm^2 = 0.1324$	

*, **: 5%および1%レベルで有意差あり。 $\sigma f^2 = 14.231$ $\sigma m^2 = 7.683$
 $\sigma fm^2 = 0.0$ $\sigma p^2 = 34.597$

表一14 10年次の傾幹幅についての分散分析

要 因	自由度	平方和	平均平方	分散比	寄与率(%)
反 復	2	2239.385000	1119.692500	27.291**	43.7
母 樹 親	2	1126.451667	563.225833	7.092*	21.2
花 粉 親	3	185.769722	61.923241	0.780	1.3
家 系	6	476.499444	79.416574	1.936	4.7
誤 差	22	902.941666	41.042803		29.3
全 体	35	4931.047499			100.0
プロット				母樹親からの遺伝率 $hf^2 = 0.3422$	
内 個 体	922	335089.23	363.4373427	花粉親からの遺伝率 $hm^2 = 0.0$	

*, **: 5%および1%レベルで有意差あり。 $\sigma f^2 = 40.317$ $\sigma m^2 = 0.0$
 $\sigma fm^2 = 12.791$ $\sigma p^2 = 27.161$

各家系のプロット平均値を用いた分散分析の結果のうち、5年次を表—13に、10年次を表—14にそれぞれ示した。5年次は反復間に1%，母樹親間および花粉親間に5%，10年次は反復間に1%，母樹親間に5%水準でそれぞれ有意差が認められた。

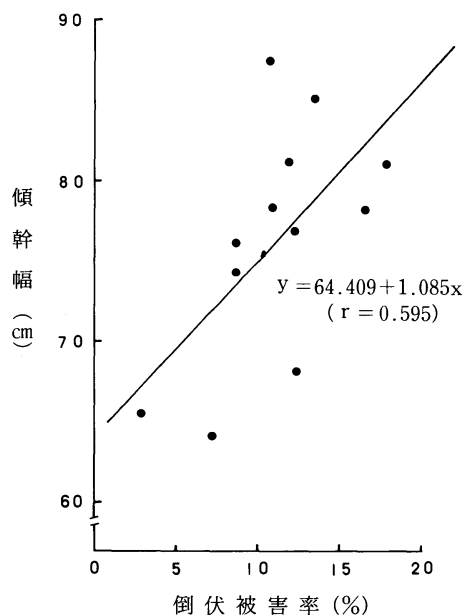
交配に用いた母集団を無作為交配集団と仮定して、分散分析法による遺伝率の推定¹⁾²⁾³⁾を試みた結果、5年次の傾幹幅は表—13から、母樹親間分散(σ_f^2)、花粉親間分散(σ_m^2)、家系間分散(σ_{fm}^2)及びプロット間分散(σ_p^2)を推定し、母樹親からの遺伝率 $hf^2=0.2321$ と、花粉親からの遺伝率 $hm^2=0.1324$ を算出した。

10年次の傾幹幅は表—14から、母樹親間分散(σ_f^2)、花粉親間分散(σ_m^2)、家系間分散(σ_{fm}^2)及びプロット間分散(σ_p^2)をそれぞれ推定し、母樹親からの遺伝率 $hf^2=0.3422$ 、花粉親からの遺伝率 $hm^2=0$ を算出した。

3 倒伏被害の特性

植栽本数に占める倒伏木の割合は、5年次が0.23%，10年次が10.49%であるが、幹折れ被害と同様に雪害によらない被害を差し引いた倒伏木の割合を求めた。10年次の全家系平均とその範囲は、11.1%，2.9～17.9%であった。その発生は、IIIブロックの急斜地に多くみられ、傾幹幅と同じ傾向を示した。10年次の平均値を用いて分散分析を行った結果、反復間のみに有意で、他には有意差は認められなかった。倒伏被害と幹折れ被害との間には相関($r=-0.096$)は認められない。

倒伏被害と傾幹幅との関係を図—8に示した。両者間には $r=0.595$ で、5%水準の有意な相関が認められた。倒伏被害と根元曲りとの間に有意な相関が認められたので、根元曲りに倒伏木を含めた家系のプロット平均値を用いて分散分析を行った結果、反復間のみに有意で、母樹親間、花粉親間および家系間のいずれにも有意差は認められなかった。



図—8 10年次における倒伏被害と傾幹幅との関係

表—15 人工交配家系の造林初期における形質間相関

No	形 質 (年次)	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9	No.10	No.11
1	樹 高 (3年)		0.778	0.119	-0.027	-0.732	-0.661	0.798	0.569	0.008	0.412	0.305
2	樹 高 (5年)	**		0.572	0.353	-0.718	-0.608	0.700	0.578	0.137	0.332	0.152
3	樹 高 (10年)				0.812	-0.258	-0.225	0.130	0.346	0.227	0.020	-0.153
4	胸高直径 (10年)			**		-0.043	-0.049	0.051	0.065	0.466	-0.101	-0.680
5	幹折れ率 (5年)	**	**				0.822	-0.837	-0.842	0.027	-0.489	-0.261
6	幹折れ率 (10年)	*	*			**		-0.736	-0.681	-0.070	-0.096	-0.168
7	傾 幹 幅 (5年)	**	*			**	**		0.741	0.073	0.428	0.143
8	傾 幹 幅 (10年)		*			**	*	**		-0.235	0.595	0.289
9	倒 伏 率 (5年)										-0.144	-0.458
10	倒 伏 率 (10年)								*			0.222
11	幹形状比 (10年)				*							

*, **: 5%および1%レベルで有意

表—16 各形質における遺伝率

形 質		遺 伝 率	
		♀	♂
幹折れ	5年次	5.1	1.2
	10年次	8.3	6.9
傾斜幅	5年次	23.2	13.2
	10年次	34.2	0

IV 考 察

積雪地帯のスギ幼齢木には冬期の埋雪と夏期の起立を繰り返す過程で雪害が発生する。幹折れ等の機械的な被害は埋雪する林分において低く、埋雪期を抜け出す途中か抜け出した林分で高い傾向にある¹⁶⁾。樹体の埋雪は積雪深の2倍の樹高に達するまで続く¹⁷⁾ことから、本試験地の現在までの調査は埋雪期間に当たり、被害は今後も増大することが予想される。

この報告で対象とした被害形質は、幹折れ、根元曲り、倒伏であったが、倒伏被害木には、根元曲りばかりではなく根元割れが生じているものや、斜面上部の根が切断されているものが多数あった。これらの多くはやがて枯死するものと判断されるので、傾幹幅120cm以上のものは倒伏木として区分し、根元曲り、幹折れ、倒伏を、それぞれ独立した被害として扱った。

幹折れ被害の程度は、表—8、9に示すように母樹親や花粉親に高く依存していることが認められ、とくに、5年次に比べて10年次においてその傾向が顕著であった。

交配に用いた母集団を無作為交配集団と仮定して求めた幹折れ被害の遺伝率は、それほど高くはないが10年次が5年次よりは高かった。他方、幹折れ被害の5年次・10年次間には高い相関が認められるが、分散分析の全変動に対する寄与率は、一般的に高く、5年次よりも10年次の寄与率が母樹親と花粉親とも高く、誤差も減少した(表—8、9)。このことから、幹折れの検定は5年次より10年次において、より精度が高くなるものと考えられる。

幹折れ被害と成長形質との関係は、10年次間においては、樹高間へのみ有意な相関が認められた。5年次と10年次における幹折れ被害は、3年次と5年次における樹高との間に高い負の相関が認められたが(表—15)、

このことは早期検定の精度に深く関連することから、今後の検討が必要である。

幹折れには母樹親や花粉親の遺伝的な特性が関与するとした5年次の報告⁷⁾を10年次の調査で確認したが、遺伝率は小さいものと思われる。筆者らは幹折れや根元折れはさし木クローンによって違うことを報告⁶⁾²⁰⁾したが、交配親の組合せによる被害率の差は著しく大きく(表—6, 7, 8, 9), 交配親の選択によって高い抵抗性品種の創出が期待できると考えられる。

根元曲りについて、交配に用いた母集団を無作為交配集団と仮定して求めた遺伝率の推定値は表—13, 14に示すように5年次の母樹親に23.21%, 花粉親に13.24%, 10年次の母樹親に34.22%であり、前述の幹折れの遺伝率よりは高い値が得られた。すなわち、根元曲りは遺伝率が高く、幹折れ率ほどに交配親間の違いによる差はなく、一般組合せ能力も高いと推定されるので、採種園による育種方法によって、その育種効果が期待される。精英樹集団についても、採種園の改良によって、根元曲り被害の軽減が期待されるものと考えられる。

根元曲りの大きさは、10年次が5年次の2倍に増大しているが、これは5年次以降も毎年累積的に増加したものである。5年次に大きい家系は10年次も大きい傾向を示し、両年次間に $r=0.741$ の、1%水準の高い有意な相関が認められ、根元曲りについては、5年次における検定も可能と考えられる。

根元曲りと幹折れとは負の相関(5年次 $r=-0.837$, 10年次 $r=-0.681$)があり、根元曲りの小さい家系は幹折れが多い傾向を示し、その傾向は若い時期ほど相関が高かった(表—15)。

このことは、幹の柔軟性および強度等が関与しているものと考えられる。根元曲りと樹高の間には、幼齢期では正の相関がみとめられる。このことは、根元曲りが安定するにしたがい樹高との間には負の相関が認められる報告²¹⁾²²⁾と一致しないが、本試験地においては、根元曲りが未だ変動しているためと考えられる。

埋雪期における根元曲りの差異の原因として、根量の多少⁵⁾, 支持根の太さ¹⁸⁾および平均根径の地際直径に対する比の大小²²⁾が影響していると言われる。著者らも、さし木の根系はクローン固有の形態を表し、根元曲りの小さいものは、太い一次根が早期に発達することを報告⁸⁾¹¹⁾¹³⁾¹⁴⁾している。また、幹の根元直径が太いクローンは、引き抜き抗力が大きい¹²⁾ことなどから考えると、スギ幹材の物性と成長との関係について育種的に究明される必要があると考えられる。

倒伏被害は、全被害率11.1%のうち急傾斜地であるIIIブロックが被害の大半を占めた。根元曲りの大きさに認められた母樹親や花粉親の有意差が、根元曲りに倒伏木を含めると認められなかった。このことは、倒伏や根元曲り被害の増大には根の損傷が影響する¹⁵⁾¹⁹⁾ものであり、この試験地の倒伏と根元曲りは傾斜角の大きいIIIブロックに片寄って発生し、しかも、急斜地では断根されている被害木を確認しているので、環境に左右されたためと思われる。

以上、抵抗性形質の発現が不安定な埋雪期に該当し、しかも交配組合せの少ない材料からの情報であるが、雪圧による幹折れ被害や根元曲りには母樹親や花粉親が関与すると考えられる結果を得た。狭義の遺伝率の推定値(表—16)は幹折れが、1.2~8.3%, 根元曲りが13.2~34.2%の結果を得た。平均優性度は両形質とも「ゼロ」と推定され、優性効果がないものとして扱うことができるので、遺伝変動の大部分はそのまま相加的遺伝変動と考えて良さそうである。

自然交雑家系の根元曲りは精英樹家系群より雪害抵抗性個体候補木家系群が小さいことを報告⁹⁾したが、雪害抵抗性候補木個体による採種園からの有性繁殖であれば選抜効果がなお一層期待できるものと思われる。

引用文献

- 1) 明石孝輝・戸田忠雄・西村慶二：スギ苗木の高さと根元直径についての遺伝子分散と優性分散の分割，日林誌，**54**，12～16，(1972)
- 2) 明石孝輝・川村忠士：ヒノキ苗木の高さと根元直径についての遺伝子分散と優性分散の分割，林試研報，**296**，11～1，8，(1977)
- 3) 明石孝輝：スギの遺伝母数の推定に関する研究，林試研報，**349**，1～70，(1987)
- 4) 藤沢義武：—これ程もうかる材質改良— 林木育種ニュース，創刊号，5～6，(1989)
- 5) 井沼正之：森林の雪害と防除，遺伝，**32**，(2)，2～7，(1978)
- 6) 向田 稔：多雪地における幼齡スギさし木クローンの生長と雪害について（第1報），林木の育種，特集号，1～4，(1981)
- 7) 向田 稔・寺田貴美雄：スギF1にみる雪害の発現特性(予報)，日林論，**94**，253～254，(1983)
- 8) 向田 稔・太田 昇：スギの雪害抵抗性検定法の開発（I）根系のクローンによる発現特性，日林東北支誌，**37**，80～81，(1985)
- 9) 向田 稔・寺田貴美雄・太田 昇：スギ精英樹家系群と雪害抵抗性候補木家系群の根元曲りの違い，日林東北支誌，**40**，84～85，(1988)
- 10) 野原勇太・大河原昭衛・児玉武男・青山安蔵：スギの耐雪性品種に関する研究（第1報）スギの葉型ならびに樹型と冠雪量について，林試研報，**161**，1～112，(1963)
- 11) 太田 昇・向田 稔：スギの雪害抵抗性検定法の開発（I）根系のクローンによる発現特性，林木の育種，特集号，50～53，(1982)
- 12) 太田 昇・向田 稔：スギの雪害抵抗性検定法の開発（1）根系のクローンによる発現特性（2），日林東北支誌，**34**，153～155，(1982)
- 13) 太田 昇・向田 稔：スギの根元曲りと根の発現形態，日林東北支誌，**38**，83～84，(1986)
- 14) 太田 昇・向田 稔：スギの根元曲りの有無と根の発現実態，日林東北支誌，**39**，67～69，(1987)
- 15) 佐藤啓祐：スギ幼齡木の積雪期の倒伏とその回復に及ぼす断根の影響，日林東北支誌，**30**，161～162，(1979)
- 16) 佐藤啓祐：雪害発生の動態からみた多雪地におけるスギ林の保育形式に関する二，三の考察，山形県林試研報，**12**，97～107，(1981)
- 17) 四手井綱英：雪氷，**32**，128，(1970)
- 18) 田中 周：スギの根曲りに関する調査，林野庁，58pp，(1969)
- 19) 平 英彰：降雪初期の埋幹の違いがスギ幼齡木の根元曲りと生長に及ぼす影響，日林誌，**64**，(12) 453～460，(1982)
- 20) 寺田貴美雄・向田 稔：スギさし木苗の造林初期の雪害とクローン間差，日林論，**94**，255～256，(1983)
- 21) 戸田清佐・山口 清：スギ在来品種の耐雪性に関する調査（I），日林中支講，**28**，81～83，(1980)
- 22) 戸田清佐・山口 清：スギ在来品種の耐雪性に関する調査（II），日林中支講，**28**，85～87，(1980)