

スギの耐雪(耐根曲り)性個体の選抜に関する研究

東 方 喜 之

目	次
I はじめに 20	5. スギ林分の根曲りにみられ る扶助作用 29
II 材料と方法 20	6. 目測による根曲りの判定法 30
III 結果 22	7. 雪起こし林分からの選抜に ついて 33
1. 根曲りの測定形質の検討 22	IV 考察 35
2. 根曲りの数量化 22	
3. スギ林分の根曲りの遺伝的 差異 24	
4. スギ林分中における根曲り の局所変異 26	

I はじめに

多雪地帯におけるスギの根曲りは造林上大きな問題であり、根曲りを軽減するために多くの技術者や林業家が努力している。

現在、根曲り軽減対策としては、植栽方法として階段造林、巢植等、また、撫育管理面で雪起こし、すそ枝払い等の方法が実施されている。

一方、根曲り現象は、品種、系統または個体によって差のあることを認め、この特性によって耐根曲り性個体の選抜が行なわれているが、選抜基準は、確立されていない。

そこで、耐根曲り性個体の選抜を効果的に行なうために、根曲りをあらわす形質と、根曲りの程度を相対的に比較するための数量的な判定方法を検討し、さらに、スギ林分の根曲りの遺伝的な特性をあきらかにし、選抜効果に対する影響について考察した。また、一般に実用化するために、根曲りの程度を簡便に判定する方法として目測による判定基準について検討した。

さらに、雪起こし林分からの選抜の可能性も検討した。

なお、この報告は岐阜大学農学部、富田講師の協力をいただき、第20回～22回日本林学会中部支部大会に発表したものをとりまとめたものである。

II 材料と方法

調査林分は積雪2mを越す多雪地帯の岐阜県北部の平衡斜面に成林するスギ実生林分で、その所在地は次のとおりである。

1. 吉城郡宮川村杉原
2. 吉城郡神岡町森茂
3. 大野郡白川村芦倉
4. 吉城郡河合村井谷
5. 大野郡白川村飯島

6. 大野郡白川村小林
7. 吉城郡河合村深谷
8. 吉城郡宮川村洞
9. 吉城郡河合村角川₁
10. 大野郡白川村島
11. 吉城郡河合村角川₂
12. 吉城郡宮川村中沢上
13. 大野郡白川村芦倉₂

これらの調査林分の概況は表-1に示したとおりであり、各林分とも平均最深積雪2~2.5mで、雪質もほぼ似かよっているものと思われる。

表-1. 調査林分の概況

	林分	林令	海拔高	傾斜	方位	調査本数	ha当り本数	直 径		樹 高	
								平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
未 手 入 れ 林 分	杉原	42	600	8	SE	133	960	27.6	6.1	17.0	2.7
	神岡	40	1000	9	SW	143	3016	17.7	5.3	15.7	3.7
	芦倉 ₁	51	550	26	NW	95	1399	23.6	7.0	16.0	3.6
	井谷	43	750	32	SE	102	668	33.3	7.5	17.1	2.8
	飯島	13	550	28	SSE	108		7.2	1.7	5.1	0.9
	小林	14	600	30	W	110		7.3	1.9	6.2	1.5
	深谷	14	650	39	N	100		9.9	2.3	6.2	1.3
雪 起 こ し 林 分	洞	44	800	32	SE	134	914	31.2	8.2	19.5	3.2
	角川 ₁	13	900	19	NE	101		7.7	1.7	4.2	0.6
	島	9	550	29	E	106		8.7	1.9	6.0	1.0
	角川 ₂	13	900	32	S	109		6.8	1.9	3.9	1.0
	中沢上	11	400	34	NW	101		7.6	1.5	4.3	0.6
	芦倉 ₂	8	500	36	SW	101		9.2	2.8	6.0	1.5

調査は、壮令林の杉原、神岡、芦倉₁、井谷、洞は、胸高直径、樹高を測定するとともに、調査木の立木位置図を作成、調査木とその周囲8方向の隣接木との距離の midpoint を結び、その面積を求め調査木の占有面積とした。

また、生長錐資料を樹幹の山側の地上高約40cm部位から採取し、植栽後15年目から15年間の資料を用い、平均年輪幅、および外側からの年輪数(x)と年輪幅(y)との一次回帰式($y = a + bx$)の回帰係数 b の値を求めた。なお、この回帰係数 b の値は小さい値をとるほど直径生長の増加の程度の大きいことを意味する。

生長錐資料を採取した部位について、傾斜方向とこれと直角方向の直径を測定し、両直径の差と平均値との比を百分率で求め偏倚率とし、山側の幹側から髓までの長さとの傾斜方向の直径との比を百分率で求め偏心率とした。

根曲りをあらわす形質は根曲りのない個体から大きい個体まで連続的に表現する性質をもつと同時

に、林木の大きさに影響されず無関係であることが要求される。

この調査では、図-1に示すように根曲りは、根元から中心軸が垂直になる点までの彎曲部と考え、次のような形質を用いることにした。

1) 中心軸と地表線の交点(地際点)を通る水平線から中心軸が垂直となった点(直立点)までの高さ(h)

2) 地際点と直立点から降された垂線までの長さ(l)

3) 幹の山側接地点を通る水平線と地際点に立てられた垂線および中心軸との交点間の長さ(s)

なお、根曲りが下側に彎曲している個体の多い井谷林分において、幹の山側地際点を通る水平線から彎曲した幹の上端までの最大の深さを測定したが、これと s 形質との相関係数は0.843と高い正の値を示し、 s 形質が大きな値をとるほど下側に彎曲する程度の大きいことを確かめた。

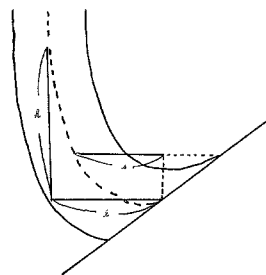


図-1. 根曲りの測定形質

注：点線は幹の中心軸

III 結 果

1. 根曲りの測定形質の検討

根曲りを選抜形質としてとりあげるに際し、根曲りの程度を求める必要がある。

杉原、井谷両林分を対象に、測定した h 、 l 、 s の根曲り形質が根曲りの程度をあらわしているかを検討した。

両林分の3形質の平均値とその偏差は表-2に示した。

林木の大きさと根曲りの3形質との関係を、胸高直径(D)および樹高(H)との相関関係から検討すると、表-3にみられるように、胸高直径と3形質との間には明らかな相関関係は認められない。また、樹高と h および s 形質との間の負の相関関係は、根曲りの程度が大きい個体ほど樹高が小さい傾向のあることを意味するので、これらの3形質はともに林木の大きさに無関係な形質とみなして差支えないと考える。

3形質相互間の関係では、杉原林分はともに正の、井谷林分は h と s 形質間に正の相関関係が認められる。この相関関係の違いは両林分の根曲りの状態の違いによって生じたものと考えられるが、 h と s 形質間の正の相関関係は、横へ大きく根曲りする個体ほど下側へ彎曲しやすい

表-2. 根曲りの3形質の平均値とその偏差

区 分	杉 原			井 谷		
	h	l	s	h	l	s
平 均 値	127.0	111.4	20.7	64.1	144.8	67.5
標準偏差	44.6	38.4	13.0	30.0	39.8	37.9

表-3. 形質相互間の相関係数

杉原林分

形 質	D	H	h	l
H	0.787 **			
h	0.191	0.041		
l	0.016	-0.141	0.542 **	
s	-0.173	-0.260 **	0.235 **	0.675 **

井谷林分

形 質	D	H	h	l
H	0.723 **			
h	0.066	0.064		
l	-0.035	-0.260 **	0.078	
s	-0.173	-0.352 **	-0.006	0.921 **

**は1%水準で有意

傾向を示している。

上述の結果から、根曲りの程度は3形質によってあらわせるが、この3形質はともに連続分布を示すので、それぞれの値のみによって根曲りの程度を相対的に比較することはかなり難しい。

2. 根曲りの数値化

根曲りの程度の異なる杉原、井谷の2つの林分を対象に、根曲りの程度を数量的に判定する方法について検討した。

根曲りの程度を客観的に価値づけ配列するような基準はないが、常識的に考えて、根曲りのひどさの程度は下側に彎曲しているものほど、ついで横へ大きく曲っているものほど強く印象づけられる。

そこで、3形質それぞれを小さい型と大きい型とに二分し、印象順に組合せたのが表-4である。なお、各形質の組合せのうち、 Δ 形質が大きくて l 形質の小さい型は、両形質の相関関係からみてあり得ないので除き、また根曲りのない型を加えた。

各形質はそれぞれ0を原点としているので、各個体の根曲りの程度は、根曲りの無い個体即ち0を原点とした三次元の空間に分布することになる。したがって、根曲りの程度は原点から各個体までの距離によってあらわすことができ、この距離が根曲りのひどさの程度即ち表-4の根曲りの型の順序に良く適合するように3形質の重みづけを考えればよい。

3形質のうち、 l 形質は根曲りの程度をあらわすのに共通の重要な形質と考えられる。そこで、 h と l 形質および h と Δ 形質それぞれの組合せによって求めた距離を大、中、小に三分し、この2つの値の組合せにおける根曲りの型の分布をみたのが表-5である。

この表から、eとf型の分離のよくないことがわかるが、他の型との関係を変えることなく分離をよくするためには、表-4からみて Δ 形質の重みづけを大きくすればよい。

両林分において、3形質それぞれの平均値のうち大きい値を選びその比を求めると1:1.14:0.53となり、 h と l 形質に比較して Δ 形質は約半分の値しか示さない。そこで、 Δ 形質により大きな重みづけをする意味で3倍し、根曲りの程度をあらわす根曲り数(v)は次式で求めることにした。

$$v = [h^2 + 2l^2 + (3\Delta)^2]^{\frac{1}{2}}$$

この根曲り数が根曲り程度を良くあらわしているかどうかを、両林分の資料をあわせる形質との相関関係から検討した。

表-6にみられるように、根曲り数と3形質との偏相関係数はともに正の高い値を、また、その重相関係数は0.994と極めて高い値を示した。このことは、根曲り数が3形質の性質をよくあらわしていることを示すので、根曲りの程度はこの数値によって比較してよいことになる。

両林分の3形質をメートル単位であらわし求めた根曲り数の度数分布、平均値とその偏差は表-7

表-4. 3形質の組合せによる根曲りの型

根 曲 り の 形 質			根曲りの型
Δ	l	h	
0	0	0	a
小	小	小	b
		大	c
	大	小	d
		大	e
大	大	小	f
		大	g

表-5. 2形質の組合せによる値と根曲りの型との関係

区 分		h, l 形質の組合せによる値		
		小	中	大
l 合 せ Δ に 形よ るの 値 組	小	b	c	
	中		d	e
	大		f	g

表-6. 形質相互間の単相関、偏相関および重相関係数

形 質	v	h	l	Δ
v	0.994	0.877	0.891	0.948
h	0.019	0.927	-0.664	-0.927
l	0.939	0.022	0.971	-0.720
Δ	0.895	-0.368	0.784	0.988

に示したが、井谷林分は杉原林分よりも根曲りが大きいだけでなくその変異も大きいことがわかる。

しかし、実際にこの根曲り数を求める場合、計算がやや繁雑である。そこで、求められた根曲り数と3形質との関係を回帰式であらわした結果は次のとおりである。

$$v = 0.517\ell + 0.992\ell + 1.868\mu$$

この結果と μ 形質の重みづけを大きくしたことから考えて、実用上は3形質の重みづけを0.5:1.0:2.0の比率で使用しても差支えないように思われる。

3. スギ林分の根曲りの遺伝的差異

耐根曲り性個体の遺伝的特性を比較するためには、根曲りに対する環境条件の影響を把握する必要がある。

そこで、杉原、神岡、芦倉₁、洞および井谷の5林分を対象に、根曲りに対する傾斜の影響をとらえ、林分の根曲りに対する反応の遺伝的特性について検討した。

各調査林分の形質諸要素の平均値と標準偏差は表一8に示した。これにみられるように、根曲りの3形質の平均値は林分によってかなりの違いが認められる。

雪圧の影響は傾斜が急になるほど大きくなると考えられるが、傾斜と ℓ 、 ℓ 2形質との間には明らかな関係は認められない。しかし、 μ 形質では、緩傾斜地で大きな値を示す杉原林分より急傾斜の芦倉₁、洞、井谷林分の平均値はともに大きい値を示す。

これらのことは、植栽地の環境条件や林分の遺伝的特性に違いがあるとしても、傾斜が急になるほど雪圧の影響が根曲りの μ 形質に大きくあらわれることを示すものとする。

また、表一9の形質相互間の相関係数にみるように、根曲りの ℓ 、 μ 2形質間には5林分とも正の相関関係が認められ、 μ 形質が大きくなるほど ℓ 形質も大きくなる傾向のあることがわかる。したがって、実際には、傾斜が急になると雪圧の影響は根曲りの ℓ 、 μ 2形質を大きくするように働くともなされる。

そこで、 ℓ 、 μ 2形質の平均値について各林分の根曲りの特性を比較すると、緩傾斜の杉原、神岡の両林分では、ともに杉原林分が大きい値を示している。両林分の傾斜は近似しているので、雪質等に違いがあるとしても、平均値にみられるこのような大きな差は、杉原林分の根曲りが遺伝的に大きい特性をもつものとみなしてよいと考える。

一方急傾斜地の芦倉₁、洞、井谷の3林分の平均値では、井谷林分がいずれも大きい値を示す。洞林分は雪起こし作業が実施されているので、比較の対象にはならないが、井谷林分は芦倉林分より根曲りの大きい特性をもつとみてよいように思われる。

根曲りの3形質は現時点における根曲りの程度を測定しているので幼令期に形成された当初の根曲りの状態が林分の生長経過にもなって変化していることが考えられる。

そこで、林分の生長状態と生長経過を示す平均年輪幅、回帰係数 b および偏心率の平均値についてみると、神岡および芦倉林分は山側への偏倚生長が大きく、杉原および井谷林分では谷側への偏倚生長の大きい傾向がうかがわれる。杉原および井谷林分の生長錐採取高は神岡および芦倉₁林分よりもいくらか高いので、その影響があるとしても、杉原林分の偏心率のきわめて小さいことから考えると、

表一7. 根曲り数(v)の度数分布、平均値およびその偏差

根曲り数	杉 原	井 谷
0.8	4	
1.2	11	5
1.6	26	7
2.0	34	19
2.4	30	11
2.8	10	11
3.2	12	13
3.6	5	10
4.0		10
4.4		6
4.8		2
5.2	1	3
5.6		4
6.0		
6.4		1
計	133	102
平均値	2.16	3.02
標準偏差	0.682	1.129

表一8. 各調査林分の形質諸要素の平均値とその標準偏差

形 質 林 分		杉 原	神 岡	芦 倉 ₁	洞	井 谷
胸 高 直 径 D cm	平 均 値	27.6	17.6	23.6	31.2	33.3
	標 準 偏 差	6.1	5.3	7.0	8.2	7.5
樹 高 H m	平 均 値	17.0	15.7	16.0	19.5	17.1
	標 準 偏 差	2.7	3.7	3.6	3.2	2.8
占 有 面 積 m ²	平 均 値	10.9	3.3	8.0	13.1	14.8
	標 準 偏 差	5.4	2.2	3.3	7.0	8.6
生長錐で採集した高さ cm	平 均 値	37.1	23.6	21.7	20.9	45.9
	標 準 偏 差	8.4	6.6	11.2	12.7	16.8
平 均 年 輪 幅 mm	平 均 値	3.5	5.1	4.0	6.3	6.5
	標 準 偏 差	1.6	2.4	1.8	2.5	3.4
回 帰 係 数 b	平 均 値	-0.07	-0.38	-0.22	-0.32	-0.49
	標 準 偏 差	0.20	0.29	0.27	0.32	0.33
偏 心 率 %	平 均 値	39.6	52.0	52.1	49.1	47.0
	標 準 偏 差	9.3	9.7	9.8	10.9	15.7
偏 倚 率 %	平 均 値	27.1	25.4	27.9	42.4	29.3
	標 準 偏 差	11.8	10.0	12.1	12.9	12.0
根 曲 り ℓ cm	平 均 値	127.0	54.9	75.3	110.0	64.1
	標 準 偏 差	44.6	19.3	36.5	32.8	30.0
根 曲 り ℓ cm	平 均 値	111.4	24.7	59.1	60.6	144.8
	標 準 偏 差	38.4	13.6	28.6	21.4	39.8
根 曲 り Δ cm	平 均 値	20.7	6.8	30.3	29.4	67.5
	標 準 偏 差	13.0	9.8	23.1	15.6	37.9
根 曲 り 数 v	平 均 値	2.16	0.71	1.48	1.69	3.02
	標 準 偏 差	0.68	0.34	0.82	0.53	1.13

林分の遺伝的特性によって偏倚生長の仕方も異なり、根曲りの矯正状態に差のあることがわかる。しかし、傾斜の程度が類似していても、杉原林分は谷側へ、神岡林分は山側へ、また芦倉₁林分は山側へ、井谷林分は谷側へ偏倚生長の程度が大きく、根曲りの矯正状態に差があると考えても、林分間の平均値の大きな差から考えて杉原林分は神岡林分より、また、井谷林分は芦倉₁林分より根曲りの大きい特性を示すものとみてよいと考える。また、洞林分の偏心の小さいことは、雪起こし作業の効果によるものと考えられる。

傾斜方向への直径の偏倚の状態を示す偏倚率では、洞林分を除いて明らかな差が認められず、遺伝

的に異なる集団でも根曲りに
よる偏倚の程度にはそれほど
大きな差はないように思われ
る。したがって、洞林分の偏
倚率の大きいことは、雪起こ
し作業の影響によるものと考え
えられる。

5 林分の根曲りの相対的な
大きさを比較する意味で、根
曲りの形質から求めた根曲
り数の平均値によって検討す
ると、杉原林分を除き、傾斜
が急になるほど根曲り数が大
きくなる傾向がうかがわれる。
杉原林分は緩傾斜地に成林す
るにもかかわらず、根曲り数
の平均値の大きいことは、杉
原林分の根曲りが遺伝的に大
きい特性をもつと同時に、林
分の遺伝的特性によって根曲
りの状態に極めて大きな差の
あることがうかがわれる。ま
た、根曲り数の標準偏差も、
杉原、洞林分を除くと、急傾
斜地ほど根曲りの遺伝的特性
のあらわれやすい傾向がうか
がわれる。緩傾斜地の杉原林
分の標準偏差の大きいことは
林分によって遺伝的変異の大
きさに差のあることを、また、
洞林分の標準偏差の小さいこ

とは雪起こし作業が根曲りを小さくするばかりでなく、変異をも小さくすることをあらわしている。

以上のように傾斜が急になるほど雪圧の影響は根曲りの l 、 s 2 形質に大きくあらわれ、林分の変異も大きくなる傾向があるが、林分の遺伝的特性によって根曲りの大きさにも、また変異の大きさにも差の認められることは耐根曲り性の高い林分、または個体の選抜の可能性を示すものである。

しかし、根曲りの状態は、時間の経過にともなう直径の偏倚生長によって矯正されるが、その矯正の程度も林分によってかなり大きな差があるので、林分または個体の根曲りの遺伝的特性を把握するに際し、充分留意する必要がある。また雪起こし作業の実施された林分では、根曲りの遺伝的特性の発現状態がかなりゆがめられているので、選抜効果を高めることの困難性がうかがわれる。

4. スギ林分中における根曲りの局所変異林分にみられる根曲りは、平衡斜面の同一林分内でも、立地条件の違いによって、根曲りの発現に差があるようにみうけられる。このような林分では、同一林分内でも選抜対象地を選定する必要がある。

林分内の立地条件の違いが根曲りの発現におよぼす影響と、それが選抜効果におよぼす影響につい

表一 9. 形質相互間の相関係数

林 分	形 質	D	H	l	s
杉 原	H	0.79**			
	l	0.19	0.04		
	s	0.02	-0.14	0.54**	
	s	-0.17	-0.26**	0.24	0.68**
神 岡	H	0.85**			
	l	-0.02	0.05		
	s	-0.16	-0.08	0.71**	
	s	-0.26**	-0.14	0.34**	0.53**
芦 倉	H	0.83**			
	l	-0.25	-0.27**		
	s	-0.29**	-0.34**	0.74**	
	s	-0.24	-0.27**	0.62**	0.90**
洞	H	0.75**			
	l	0.20	0.06		
	s	-0.15	-0.28**	0.57**	
	s	-0.26**	-0.37**	0.25	0.78**
井 谷	H	0.72**			
	l	0.07	0.06		
	s	-0.04	-0.26**	0.08	
	s	-0.17	-0.35**	-0.01	0.92**

** 1%水準で有意

て、根曲りの特性の異なる井谷、芦倉₁両林分について検討した。

平衡斜面における雪圧の影響は、斜面下部ほど大きいことが考えられるので、根曲りの程度も斜面下部ほど大きいことが期待される。

両林分ともかなりの欠株がみられるので、立木位置図より両林分を上部と下部斜面の調査木の占有

表-10. 上部、下部斜面における各形質諸要素の平均値と標準偏差

形 質 要 素		井 谷			芦 倉 ₁		
		全 体	上 部	下 部	全 体	上 部	下 部
調 査 本 数		102	50	49	95	40	45
胸 高 直 径 cm	平 均 値	33.3	33.5	33.1	23.6	24.9	21.9
	標 準 偏 差	7.5	7.9	6.9	7.0	6.3	7.1
樹 高 m	平 均 値	17.1	17.3	16.8	16.0	16.4	15.6
	標 準 偏 差	2.8	3.2	2.1	3.6	3.0	4.2
占 有 面 積 m ²	平 均 値	14.8	13.6	16.0	8.0	7.0	7.3
	標 準 偏 差	8.6	7.9	9.1	3.3	2.3	2.0
生長錐で採取した高さ cm	平 均 値	45.9	36.1	55.1	21.7	24.3	19.1
	標 準 偏 差	16.8	8.4	17.8	11.2	9.7	11.3
平 均 年 輪 幅 mm	平 均 値	6.5	6.6	6.4	4.0	4.3	3.7
	標 準 偏 差	3.4	3.3	3.6	1.8	1.8	1.7
回 帰 係 数 b	平 均 値	-0.49	-0.46	-0.52	-0.22	-0.24	-0.19
	標 準 偏 差	0.33	0.36	0.28	0.27	0.27	0.26
偏 心 率 %	平 均 値	47.0	45.3	51.6	52.1	53.6	50.0
	標 準 偏 差	15.7	13.1	13.4	9.8	9.5	9.8
偏 倚 率 %	平 均 値	29.3	28.4	32.0	27.9	25.5	30.4
	標 準 偏 差	12.0	11.6	10.2	12.1	12.2	11.8
根 曲 り cm	平 均 値	64.1	62.5	65.7	75.3	66.8	84.0
	標 準 偏 差	30.0	31.9	28.9	36.5	25.7	44.6
根 曲 り cm	平 均 値	144.8	151.6	139.9	59.1	48.5	68.9
	標 準 偏 差	39.8	43.0	34.8	28.6	18.8	33.3
根 曲 り cm	平 均 値	67.5	72.4	63.6	30.3	19.4	39.9
	標 準 偏 差	37.9	41.0	33.9	23.1	11.2	26.9
根 曲 り 数 v	平 均 値	3.02	3.19	2.89	1.48	1.15	1.79
	標 準 偏 差	1.13	1.23	0.99	0.82	0.44	0.97

面積の範囲を揃える意味で、占有面積の極端に広い個体と狭い個体を除き各形質の平均値と標準偏差を求めたのが表一〇である。

これにみるように、根曲りの δ , ℓ , μ 3形質の平均値は、井谷林分では、 δ は下部斜面が、 ℓ , μ 2形質は上部斜面が大きい値を、また、芦倉₁林分では3形質とも下部斜面が大きい値を示すが、有意差の検定結果では芦倉₁林分の3形質のみ有意であった。

植栽にあたって、実生苗はランダムに植えられたと考えられるので、上部および下部斜面の集団は遺伝的にほぼ等しいとみなされる。したがって、植栽地の環境条件に違いがあるとしても、両林分の根曲りの状態にこのような違いの認められることは、両林分の根曲りに対する反応の遺伝性特性の違いによるものか、または上部、下部斜面における根曲りの違いが林木の生長経過にともなって変化してきたことが考えられる。

常識的に考えて、平衡斜面における土壌条件は、上部斜面より下部斜面の方が良好とみなされるが、その場合、土壌条件に反応し易い形質である樹高は下部斜面の方が大きい値をとる筈である。しかし、表一〇にみるように、両林分の樹高の平均値は、有意差が認められないにしても、ともに上部斜面が下部斜面より大きい値を示している。

根曲りの μ 形質と樹高との間には負の相関関係が認められ、根曲りが下側に大きく彎曲するほど樹高が小さくなる傾向があるので、芦倉₁林分の場合は、土壌条件に差がないとみるよりは、土壌条件の良好な下部斜面の根曲りが大きいために樹高に差が認められなかったものと考えられる。

一方、井谷林分では、根曲りの μ 形質も下部斜面がいくらか小さい値を示し、芦倉₁林分とはまた異なった状態にあることがうかがわれる。

根曲りの3形質は、ともに現状における根曲りの大きさの程度をとらえることを目的に測定されているので、芦倉₁林分より生長の良好な井谷林分では、時間の経過にともなう上部と下部斜面の林木の生長状態の違いがこのような違いを生じたことが考えられる。

そこで、植栽後15年目より15年間の年輪幅の生長状態について検討してみると、生長錐試料の平均採取高は下部斜面が高いにもかかわらず、上部と下部斜面の平均年輪幅の平均値はほぼ近似し、生長傾向を示す回帰係数 b の平均値も下部斜面が小さくて、下部斜面の直径生長の増加の程度の大きい傾向がうかがわれる。また、偏倚率および偏心率の平均値はともに下部斜面が大きい値を示し、上部斜面は谷側へ、下部斜面は山側へ偏倚生長している傾向が認められる。

胸高直径の平均値は近似するにもかかわらず、下部斜面の直径生長が良好で、偏倚生長の方向が異なることから考えると、井谷林分の結果は、土壌条件の良好な下部斜面の根曲りが大きかったが、その生長状態の違いのため、根曲りの測定に際し、想定された中心軸が実際の中心軸より上部斜面では谷側に、下部斜面では山側にずれ、そのため、根曲りの程度は上部斜面が大きく、下部斜面が小さく測定されたためと考える。

一方、芦倉₁林分は井谷林分と異なり、生長錐試料の平均採取高がいくらか低いにもかかわらず、土壌条件の良好な下部斜面の平均年輪幅の平均値は小さく、回帰係数 b の平均値は大きくて、下部斜面より上部斜面の直径生長の増加の程度の大きい傾向が認められる。

偏心率の平均値は上部斜面が大きい値を示すので、根曲りの程度は下部斜面より上部斜面が実際よりいくらか小さく測定されていると考えても、下部斜面の根曲りの大きい傾向には影響ないものとみなされる。

したがって偏倚率の平均値は下部斜面が大きく、偏倚の程度の大きい傾向を示していること、および根曲りの大きい下部斜面の樹高・胸高直径の平均値の小さいことを考えあわせると、芦倉₁林分のこの傾向は、下部斜面の根曲りが大きいために、試料採取部位の相対的な高さが上部斜面の高さより実際には高かったための推定誤差と考えられる。

上述のように、平衡斜面の同一林分内の根曲りの程度は斜面下部ほど大きく、その影響も δ , ℓ ,

μの3形質にあらわれるとみてよい。

したがって、根曲りの選抜は反応の大きい斜面下部を対象に実行することになるが、前述のように、偏倚生長による根曲りの矯正の程度も斜面下部ほど大きいので、この点を吟味する必要がある。

根曲りの程度を相対的に比較する目的で導いた根曲り数の平均値と標準偏差について検討してみると、井谷林分では上部斜面が、芦倉₁林分では下部斜面がともに大きい値を示す。上部と下部斜面の集団の遺伝的特性と変異の大きさはほぼ等しいとみてよいこと、および偏倚生長による根曲りの矯正は平均値と標準偏差を小さくする方向に働くと考えられるので、井谷林分では上部斜面が、芦倉₁林分では下部斜面の選抜効果が高いことになる。

このように、傾斜地における根曲り現象は立地条件の違いによって変化するばかりでなく、時間の経過にともなう根曲りの矯正状態にも差があるので、選抜に際しては対象林分または個体の根曲りの遺伝的素質の発現状態を正確に把握することが必要である。

5. スギ林分の根曲りにみられる扶助作用

耐根曲り個体選抜時において林分が不斉一であるほど、それぞれの個体に対する雪の匍行圧の影響にも差を生じ、根曲りの状態にも影響しているから、選抜の際に考慮する必要がある。

そこで、根曲りの特性の異なる井谷、芦倉₁両林分を対象に、個体間相互の位置関係から隣接木の存在が根曲りの発現におよぼす影響について検討した。

根曲りの程度は傾斜が急になるほど大きくなる傾向を持つが、この両林分の場合、井谷林分の根曲りは芦倉₁林分よりも大きい特性をもつとみなしてよい。

雪の匍行圧は、斜面上方から下方に向かって働くので、隣接個体の保護作用は傾斜に平行方向に働く。

林分中の調査木は遺伝的にランダムに植栽されているとみてよく、林分内の立地条件に極端な変化のない場合には、隣接する2個体を任意に組合せて抽出された2組の集団の平均値とその分散は、隣接個体の影響がない場合には近似し、影響のある場合には差の生ずることが期待される。

そこで、傾斜に直角方向に隣接する2個体(i, j)の組合せの場合と、傾斜に平行方向の上方(i)と下方(j)との組合せの場合とについて、標本抽出を2回繰返し、その結果をプールして、平均値と標準偏差を求めたのが表-11である。

これにみられるように、根曲りの各形質の平均値は、両林分とも直角方向の組合せの場合には有意の差は認められないが、平行方向の組合せでは斜面上方の個体群が下方の個体群よりも大きい値を示す。

両林分の生育条件もまた根曲りの特性も異なるにもかかわらず、上方の個体よりも下方の個体の根曲りの小さい傾向のあることは、下方の個体が上方の個体によって保護されていることを意味するものと思われる。

しかし、この両林分における根曲りの状態は、林木の生育状態や斜面の位置の違いによっても変化しているので、この点をさらに吟味する必要がある。

前述の隣接個体間の組合せについて相関係数を求めると、根曲りの状態が立地条件によって異なる場合には、正の相関関係が期待でき、また、隣接2個体のうち一方が他方より小さい値を示すような場合には、負の相関関係が期待される。

したがって、傾斜に直角方向の隣接2個体間の相関係数は正の値をとり、また、平行方向の組合せにおいて、上方の個体が下方の個体を保護していて、下方の根曲りが小さい傾向の存在する場合には、直角方向よりも小さいかまたは負の値をとることになる。

表-12の相関係数は、2回繰返して求めた相関係数をプールした値であるが、両林分ともμ形質では明らかな傾向は認められないが、 l, s, v の3形質はともに直角方向が平行方向よりも正の高い値を示す傾向が認められる。

根曲りの l, s 2形質は、傾斜が急になるほど、また同一平衡斜面でも斜面下部ほど雪の匍行圧の

表-11. 隣接個体の組合せによる2つの抽出標本の平均値と標準偏差

林 分		井 谷				芦 倉 ₁			
組 合 せ		直 角 方 向		平 行 方 向		直 角 方 向		平 行 方 向	
自 由 度		43		44		61		51	
抽 出 標 本		i	j	i	j	i	j	i	j
k	平 均 値	70.8	68.4	70.4	60.0	80.0	79.4	80.0	66.2
	標 準 偏 差	25.3	27.4	33.7	31.3	41.7	42.0	22.3	22.9
l	平 均 値	151.3	146.1	153.4	137.5	62.8	61.4	63.1	49.8
	標 準 偏 差	34.5	36.3	39.0	44.2	33.0	30.0	29.0	21.8
s	平 均 値	70.4	72.8	75.0	61.3	31.0	32.1	33.3	26.1
	標 準 偏 差	35.7	35.3	40.3	38.4	24.2	26.4	23.5	20.4
v	平 均 値	3.15	3.17	3.28	2.77	1.55	1.57	1.60	1.28
	標 準 偏 差	1.01	1.02	1.16	1.19	0.89	0.92	0.78	0.66

表-12. 隣接個体間の相関係数

林 分	井 谷		芦 倉 ₁	
組合せ	直角方向	平行方向	直角方向	平行方向
k	0.107	0.238	0.255	0.158
l	0.494**	0.147	0.525**	0.333*
s	0.553**	0.155	0.545**	0.308*
v	0.500**	0.142	0.501**	0.296*

*は5%, **は1%水準で有意

影響によって大きくなる傾向があるので、上述の結果は、斜面上方に植栽木のある場合、下方の植栽木は上方の植栽木によって、雪の匍行圧から保護されていることを示している。

なお、直角方向に対する平行方向の l , s , v 3形質の相関係数の値は、芦倉₁林分よりも井谷林分においていくらか大きい傾向がうかがわれる。両林分の植栽本数については明らかでないが、立木位置図の植栽間隔はほぼ類似していること、

および表-1にみるように、現存本数は林令の低い井谷林分よりも林令の高い芦倉₁林分の方が多いことからみて、芦倉₁林分より井谷林分の不斉一の程度が大きいために保護作用の効果が大きくあらわれたものと考えられる。また、井谷林分の不斉一の程度の高いことは、根曲りの平均値とその分散の大きいことからみて、この集団が雪害によってかなりの淘汰をうけたことを意味するものとみなされる。このことは、井谷林分がもともと耐雪性の低い集団であることを意味するが、その反面残存集団中の根曲りの小さい個体の多くは、耐雪性の高い特性をもつ可能性もうかがわれる。

上述のように、不斉一な林分の場合、下方の植栽木に対する上方の植栽木の影響を無視することはできないが、この効果は雪の匍行圧の影響が斜面下部ほど大きいことから考えると、かなり過少評価されていて、実際の保護効果はこれより大きいものと推察される。

このような結果と、根曲りの状態が同一林分内でも立地条件の違いによって変化することは、根曲りの発現の複雑性と選抜の困難性を示すもので、選抜効果を高めるためには、林分の根曲りの反応の特性を把握し、等高線に沿った狭い範囲を対象に、立木配置状態を考慮して選定する必要がある。

6. 目測による根曲りの判定法

表一13. 根曲りの3形質の度数分布, 平均値およびその偏差

移動量 cm	垂直移動量 (ℓ)		水平移動量 (ℓ)		沈降移動量 (Δ)	
	杉原	井谷	杉原	井谷	杉原	井谷
-20		1				
-10		1				
0		2			6	
10		1			38	7
20					61	5
30		9	1		16	13
40	2	9	3		4	8
50	4	15	3		3	6
60	1	17	7		3	11
70	5	9	5	2	1	5
80	4	9	15	2	1	13
90	7	12	11	7		7
100	12	6	16	8		8
110	14	6	13	8		8
120	22	2	14	5		2
130	12	3	11	10		2
140	14		11	8		5
150	9		5	10		1
160	6		5	10		
170	6		3	10		1
180	1		5	9		
190	3		1	3		
200	3		1	3		
210	2		2	1		
220	2		1	1		
230	2			3		
240				1		
250						
260	2			1		
270						
280						
290						
300	1					
計	133	102	133	102	133	102
平均値	127.0	64.1	111.4	144.8	20.7	67.5
標準偏差	44.6	30.0	38.4	39.8	13.0	37.9

これまで、根曲りの程度を数量的に判定する方法を検討した。しかし、一般の林業家には測定や計算は、やや複雑かもしれない。

そこで、根曲りの程度を簡便に判定する方法として目測による判定基準について検討した。

調査林分は杉原、井谷の両林分を用い、目測による根曲りの程度は、表-4を基準に、3人の判定者によって両林分の根曲りの程度を自由に判定した。

両林分の3形質の度数分布、平均値およびその偏差は表-13に示した。

根曲りの大きさの程度を判定する基準はないが、3形質はほぼ正規分布に類似しているので、 ℓ 、 $\ell 2$ 形質は両林分の平均値の大きい方を用い、Tompsonの棄却検定で5%水準の分布の下限を求め、また、 Δ 形質は根曲りのほとんど沈降していない杉原林分の平均からの上限を求め、これらの値を基準に大、小に2分することにした。なお、使用された値は、 $\ell 40\text{ cm}$ 、 $\ell 67\text{ cm}$ 、 $\Delta 47\text{ cm}$ である。

3人の判定者による根曲りの判定状況を検定する方法として次のような方法を考えた。

根曲りの型は3形質を基準にもとめられているので、表-4にみられるように、3人の判定者による3形質の大小の判定の程度は、判定された型のもつ形質の大小ごとに分割した個体数と、測定値によって判定された型を形質の大小ごとに分割した個体数との差と全個体数との比から検定することができる。

林分、形質および判定者ごとに全個体に対する出現頻度の差をパーセントで求め、アークサイン変換した値で分散分析を行なった結果は表-14の(1)のとおりである。

これにみられるように、形質間1%、形質×林分は5%水準で有意で、測定値から求めた大、小の判定基準と各判定者との基準とが形質または林分によって異なることがうかがわれる。

そこで両林分の各形質ごとの平均的な大、小の判定基準を各判定者の出現頻度の差の平均値から小さい型の出現個体数を求め、表-13から推定した値は、杉原林分は $\ell 90\sim 100$ 、 $\ell 120\sim 130$ 、 $\Delta 40\sim 50\text{ cm}$ 、井谷林分は $\ell 40\sim 50$ 、 $\ell 120\sim 130$ 、 $\Delta 60\sim 70\text{ cm}$ の範囲であった。この値と表-13の平均値とを比較すると、各判定者は林分における各形質の平均値をほぼ基準に判定している傾向が認められる。

判定基準を杉原林分は $\ell 100$ 、 $\ell 120$ 、 $\Delta 50\text{ cm}$ 、井谷林分は $\ell 50$ 、 $\ell 120$ 、 $\Delta 50\text{ cm}$ を用い、前述同様に出現頻度の差を求め、分散分析を行なった結果は表-14のうち(2)に示したが、この結果では判定者間にのみ有意の差が認められた。

上述のように、目測による根曲りの程度の判定は、判定者によって、また、林分の根曲りの状態によって影響されることがわかったが、この調査の場合、根曲りの型以外に特に判定基準を指示しなかったのもこのような差が認められたのかもしれない。したがって、目測により根曲りを判定する場合には、根曲りの型と判定基準を指示することにより林分の根曲りの程度または変異の大きさを相対的に比較できるものと考ええる。

なお、その適用範囲をひろげる意味では、根曲りの型および判定基準をさらに細分化する方法も考

表-14. 判定差の分散分析表

要 因	自由度	平 均 平 方	
		(1)	(2)
判 定 者 間	2	89.2061	584.4936 **
形 質 間	2	1152.8042 **	40.2771
林 分 間	1	12.9710	288.0800
判定者×形質	4	58.2135	231.6730
判定者×林分	2	149.1526	250.8436
形 質 × 林 分	2	441.9244 *	182.0101
誤 差	4	37.3936	58.3764

注： **は1%水準で、*は5%水準で有意

えられる。

7. 雪起こし林分からの選抜について

根曲りは雪起こし作業によって矯正されるが、林分によって、その矯正効果に差があるようにみうけられる。

これまで雪起こし作業の実施されていない未手入れ林分を主に根曲りの選抜について検討したが、雪起こしされた林分からの選抜を検討するために、未手入れ林分と雪起こしされた林分の根曲り状態の比較から、雪起こしによる根曲りの矯正効果の林分間差異を検討し、雪起こし林分からの選抜について検討した。

調査林分の各形質の平均値と標準偏差は表一15に示した。

表一15. 各林分の形質の平均値と標準偏差

		林 分	D	H	根 曲 り			v
					ℓ	ℓ	Δ	
未 手 入 れ 林 分	緩 傾 斜	杉 原	27.6 6.1	17.0 2.7	127.0 44.6	111.4 38.4	20.7 13.0	2.16 0.68
		神 岡	17.7 5.3	15.7 3.7	54.9 19.3	24.7 13.6	6.8 9.8	0.71 0.34
		緩傾斜平均			91.0	68.1	13.8	1.44
	急 傾 斜	芦 倉 ₁	23.6 7.0	16.0 3.6	75.3 36.5	59.1 28.6	30.3 23.1	1.48 0.82
		井 谷	33.3 7.5	17.1 2.8	64.1 30.0	144.8 39.8	67.5 37.9	3.02 1.13
		飯 島	7.2 1.7	5.1 0.9	73.6 21.0	44.2 14.0	13.8 8.6	0.97 0.26
		小 林	7.3 1.9	6.2 1.5	81.8 29.1	68.3 24.8	35.1 22.7	1.28 0.42
		深 谷	9.9 2.3	6.2 1.3	69.6 28.5	93.3 29.2	72.2 24.3	1.50 0.47
		急傾斜平均			72.9	81.9	43.8	1.65
雪 起 し 林 分	急 傾 斜	洞	31.2 8.2	19.5 3.2	110.0 32.8	60.6 21.4	29.4 15.7	1.69 0.53
		角 川 ₁	7.7 1.7	4.2 0.6	127.4 44.5	80.2 32.4	9.5 9.6	1.76 0.62
		島	8.7 1.9	6.0 1.0	51.8 24.1	25.3 13.3	3.1 2.4	0.65 0.29
	平 均	角 川 ₂	6.8 1.9	3.9 1.0	139.4 51.0	97.4 45.3	16.4 15.9	2.08 0.82
		中 沢 上	7.6 1.5	4.3 0.6	59.8 26.7	30.1 19.1	3.5 3.8	0.76 0.36
		芦 倉 ₂	9.2 2.8	6.0 1.5	93.0 32.5	69.5 26.5	21.7 18.7	1.56 0.62
		平 均			96.9	60.5	13.9	1.42

注： 上段 平均値 下段 標準偏差

これにみられるように、根曲り4形質の平均値は林分によってかなりの差異が認められるが、急傾斜地の未手入れ林分の平均値に比較して雪起こし林分の平均値は、 h 形質では大きく、 l , s , v 3

表一16. 各形質の歪度(skewness)と尖度(acuteness)

	林 分	根 曲 り			v
		h	l	s	
未 手 入 れ 林 分	杉 原	0.909 **	0.429	1.938 **	0.662 **
		4.841 **	2.965	8.055 **	3.910
	神 岡	0.708 **	1.702 **	4.785 **	2.238 **
		5.168 **	9.042 **	33.853 **	11.556 **
	芦 倉 ₁	3.971 **	1.664 **	1.641 **	1.910 **
		30.428 **	7.279 **	5.267 **	7.756 **
	井 谷	-0.046	0.323	0.291	0.434
		2.886	2.811	2.311	2.619
	飯 島	1.514 **	0.858 **	0.915 **	1.163 **
		7.882 **	4.069	3.076	5.493 **
	小 林	0.821 **	0.943 **	0.914 **	0.803 **
		3.225	3.703	3.665	3.222
	深 谷	1.077 **	0.758 **	0.371	0.877 **
		3.391	3.800	4.120	3.490
雪 起 し 林 分	洞	-0.084	0.129	1.270 **	0.200
		4.459 **	3.875	5.565 **	4.565 **
	角 川 ₁	0.548	0.749 **	2.907 **	0.589 **
		3.439	4.179	13.448 **	3.640
	島	0.488	0.507	2.731 **	0.415
		2.466	2.853	13.757 **	2.378
	角 川 ₂	0.072	0.944 **	2.551 **	0.484
		1.931 **	3.285	13.298 **	2.600
	中 沢 上	0.958 **	2.701 **	3.943 **	1.629 **
		4.193	13.266 **	25.823 **	7.458 **
	芦 倉 ₂	0.427	0.468	2.639 **	1.219 **
		3.264	3.324	11.561 **	6.046 **

注： 上段 歪度(skewness), 下段 尖度(acuteness)

** 1%水準で有意

形質では小さい値を示す傾向がうかがわれる。また、未手入れ林分の急傾斜地の平均値に比較し、緩傾斜地の平均値も h 形質は大きく、 l 、 s 、 v 形質は小さい値を示す傾向がうかがわれるので、雪起こし作業は急傾斜地型の根曲り状態を緩傾斜地型の根曲り状態に矯正するように働くことがわかる。

雪起こし作業は根曲りの程度を小さくするばかりでなく、未手入れ状態よりも変異を小さくするように働くことが考えられるが、このような場合、雪起こし林分の根曲りの度数分布は、雪起こしによって矯正されただけ未手入れ林分の度数分布とは異なった分布状態を示すものと思われる。そこで、各林分それぞれの根曲り形質の度数分布の状態を正規分布に対する歪度(skewness)と尖度(acuteness)によってあらわし、比較したのが表一16である。

前述のように、平均値の比較では、急傾斜地における雪起こし林分の根曲りは緩傾斜地型の根曲りに矯正されると考えたが、表一16にみられるように、緩傾斜地の未手入れ林分と雪起こし林分の h 、 l 、 v 形質の度数分布の状態には明らかな類似性は認められない。しかし、 s 形質では歪度、尖度ともに1%水準で有意で、正規分布よりモードが小さい値に偏り、尖った分布を示している。したがって、雪起こし作業は根曲りの s 形質を小さくすることを主目的に実行されている傾向がうかがわれる。

また、未手入れ林分全体の h 、 l 、 v 形質の傾向では、杉原林分の l 形質および井谷林分の h 、 l 、 v 形質を除きともに1%水準で有意で、モードが小さい値に偏って分布している。井谷林分の根曲り4形質の度数分布がともに正規分布に近似することは、根曲りの平均値の大きいことからもうかがわれるように、この林分は耐雪性の低い特性をもっていて、その変異も大きかったが、これまでの雪害によって耐雪性の低い個体ほど淘汰されてきたことによるものと考ええる。このような特殊な林分を除くと、未手入れ林分の根曲りには、かなりの変異の存在することがうかがわれる。

一方、雪起こし林分の h 、 l 、 v 形質の度数分布には明らかな傾向は認められないが、3形質ともに正規分布に近似した分布を示す林分が存在する。このことは、雪起こし作業が根曲りを小さくするばかりでなく、 h 、 l 、 v 形質を正規分布に近似するように矯正する傾向をもつことを意味するものとみなされる。したがって、未手入れ林分のように、正規分布よりモードが小さい値に偏った分布を示す雪起こし林分の存在は、これらの林分が正規型を示す雪起こし林分とは、また異なった作業状況下にあることを意味するのか、または、雪起こしに対する矯正効果に個体変異の存在することを示すものと考ええる。

このような雪起こし林分における根曲り諸形質の平均値や度数分布の違いを、未手入れ林分を含めて相対的に比較する意味で、各林分の根曲り数とその歪度と尖度との関係を求めたのが図一2である。

雪起こし林分の度数分布の歪みの意味するところは明らかでないが、分布状態に違いがあっても、島と角川₂林分および中沢上と芦倉₂林分にみられるように、雪起こし作業が行なわれたにもかかわらず、根曲りの大きさには著しい差が認められる。

林分の特性によって、雪起こし作業による根曲りの矯正効果にこのような大きな差異が認められることは、雪起こし作業によって根曲りを矯正しやすい集団または個体の選抜の可能性を示しているが、このような集団または個体が果たして耐雪性の高い特性をもつかいなかについては更に検討することが必要である。

一方、未手入れ林分でも、飯島林分のように根曲りの小さい林分の存在すること、および、雪起こし効果の小さい芦倉₁、小林、深谷林分の存在することは、撫育作業の省力化の点から考えても、耐雪性品種の選抜の有利性と重要性を示すものと考ええる。

IV 考 察

1. 根曲りの程度は図一1に示した、 h 、 l 、 s の3形質によってあらわすことができる。
2. 根曲りの程度を数量的に比較するためには、根曲り数($v = [h^2 + 2l^2 + (3s)^2]^{\frac{1}{2}}$)を用いる

ことによって可能であるが、実用上は3形質の重みづけを0.5:1.0:2.0の比率で使用してもよいと思われる。

3. 傾斜が急になるほど、雪圧の影響は根曲りの Δ 、 Δ 2形質に大きくあらわれ、林分の変異も大きくなる傾向が認められた。

4. 林分の遺伝的特性によって、根曲りの大きさにも、変異の大きさにも差が認められ、耐雪性の高い林分または個体の選抜は可能と思われる。

5. 根曲りの状態は、時間の経過にともなう直径の偏倚生長によって矯正されるが、その矯正の程度も林分によって差があるので、林分または個体の根曲りの遺伝的特性を把握するに際し、充分留意する必要がある。

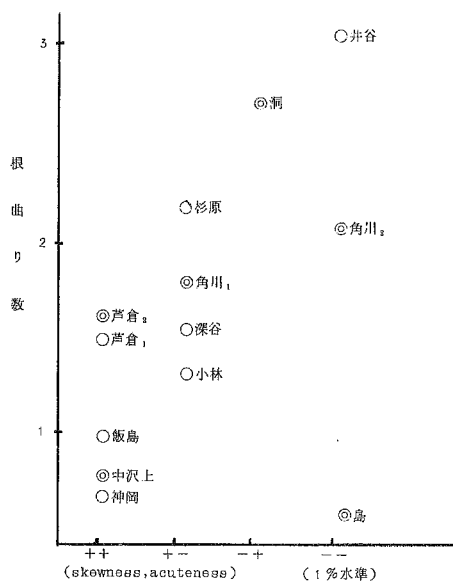
6. 平衡斜面の同一林分内の根曲りの程度は下部斜面ほど大きい。したがって、選抜は反応の大きい下部斜面を対象に行なうことになるが、根曲りは立地条件の違いによって変化するばかりでなく、時間の経過にともなう根曲りの矯正状態にも差があるので、選抜に際しては対象林分または個体の根曲りの遺伝的素質の発現状態を正確に把握する必要がある。

7. 立木配置の不斉一な林分では斜面上方に植栽木のある場合、下方の植栽木は上方の植栽木によって、雪の匍行圧から保護されるが、この保護効果はかなり大きいものと推察される。したがって、選抜効果を高めるためには、林分の根曲りの反応の特性を把握し、等高線に沿った狭い範囲を対象に、立木配置状態を考慮して選定する必要がある。

8. 目測により根曲りを判定する場合には、根曲りの型と判定基準を指示することにより林分の根曲りの程度または変異の大きさを相対的に比較できる。

9. 雪起こし作業は急傾斜地型の根曲り状態を緩傾斜地型の根曲り状態に矯正するように働き、 Δ 形質を小さくすることを主目的に実行されている傾向がある。

10. 林分の特性によって、雪起こし作業による根曲りの矯正効果に差が認められ、雪起こし作業によって根曲りを矯正しやすい集団または個体の選抜は可能であるが、このような集団または個体が、耐雪性の高い特性をもっているかは更に検討することが必要である。



図一2. 根曲り数の歪度と尖度の組合せ

- 凡例
- ++ 歪度、尖度とも有意
 - +- 歪度はなし、尖度は有意
 - + - 歪度は有意、尖度はなし
 - 歪度、尖度ともなし
 - 未手入れ林分
 - ◎ 雪起こし林分