

# 多雪地帯でのスギ斜め植えの効果

## —34 年生までの検証—

小谷二郎・富沢裕子（石川県農林総合研究センター林業試験場）

### I はじめに

多雪地帯でのスギ造林においては、雪圧害を軽減する植栽方法として、斜め植えが推奨されてきた（豪雪地帯林業技術開発協議会（以下、豪雪協） 1984；小野寺 1990）。斜め植えは、倒伏角度が小さくなるため、根抜けや根浮きの被害が少なくなる（小野寺 1990）ことや、埋幹部分が長くなるため二次根（不定根）の発生が促され根元の安定に繋がるとしている（豪雪協 1984；小野寺 1990）。しかしながら、根元曲がりの軽減という視点では、斜め植えは年齢と共に曲り幅が小さくなるという報告（片倉 1978；平 1987）がある反面、雪起こし等の作業ほど効果がないという意見（豪雪協 1984）もあり、その効果ははっきりしない面がある。

そこで、今回、2系統の品種により斜め植えと普通植えを行った試験地で、34年となった時点での結果から斜め植えの効果について検証した。

### II 試験地と試験方法

試験地は、石川県農林総合研究センター林業試験場（石川県白山市三宮町ホ1）の敷地内 0.56ha に設けた。標高 350m、斜面方位西向き、平均斜面傾斜 25°、土壌型 B<sub>D</sub>型である。林業試験場気象観測によると、1990～2023年の最深積雪深の平均値は 105.2cm であることから、この地域は多雪地帯に属する（豪雪協 1984）。2010年と 2017年に 200cm 以上の積雪を観測したが、幼齢期（1990年から 10年間）の最深値は 161cm（1991年）で、平均値は 93.9cm であった。

1990年 11月に、クワジマスギ（白山市白峰産種子由来）とヒヨウスギ（小松市日用産種子由来）のいずれも 3年生実生裸苗を 70本ずつ、2m 四方間隔で植栽した。植栽方法は、70本を半分に分け、普通植え（斜面に対し垂直）と斜め植え（斜面に対し直角以上）とした。植栽後 5年間、毎年 1回下刈りを行ったほか、10年生時には地上 1m の裾枝払いを行った。雪起こしは、植栽翌年に全植栽木に対し根踏みを行った以外、全く行っていない。ただし、斜め植えでは根踏みが必要ないほど根元は

表－1. 植栽翌年から 1998 年までの原因別の消失数と残存数およびその割合

品種系統	植栽方法	誤伐	虫獣害	雪害	残存	合計
クワジマスギ	普通植え	1	1	1 (2.9)	32 (91.4)	35
	斜め植え			1 (2.9)	34 (97.1)	35
ヒヨウスギ	普通植え	3		2 (5.7)	30 (85.7)	35
	斜め植え	2	2	4 (11.4)	27 (77.1)	35

( ) 内：合計に対する割合 (%)、虫害：コウモリガ、獣害：ウサギの食害、雪害：根元割れと幹折れ

固定化されていた。その後、15～20年生時には枝打ち（2m）や雪害木の処理を含めた除間伐を行い、2024年（34年生時）までに残った本数は51本（910本/ha）である。

成長調査では、樹高のほか根元直径（1995年まで）と胸高直径を測定した。根元曲がりに関する調査では、幹の倒れ角度（1991～1997年）と傾幹幅（1995～2024年）を測定した。それぞれの年での測定は、春（3～4月）または秋（10～12月）に行った。幹の倒れ角度は、根元と樹頂点を直線とみなした垂直からの倒れ角度としてクリノメーターを用いて測定した。傾幹幅は、地上部1.2mの根元曲がり水平長として赤白ポールを用いて測定した。また、1998年までは残存状況を調査するとともに2024年には根元の二次根（不定根）の有無を確認した。

解析は、一般的な分散分析や $\chi^2$ 検定に加え、一般化線形モデル（GLM）を用いて、傾幹幅に関する要因の解析を行った。統計解析にはJMP ver. 9（SAS Institute 2011）を用いた。

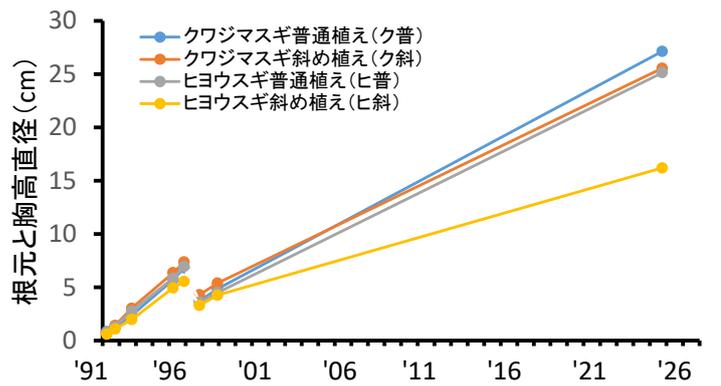
### III 結果

#### 1 植栽初期の残存状況

1991～1998年における残存と消失状況を比較した（表-1）。いずれの要因においても、ヒヨウスギで消失数が多い傾向にあり、とくに斜め植えでは雪害（根元割れや幹折れ）が多い傾向がみられた。この期間の残存率は、ヒヨウスギ斜め植え77.1%、ヒヨウスギ普通植85.7%、クワジマスギ普通植え91.4%、クワジマスギ斜め植え97.1%の順であった。

#### 2 成長の推移

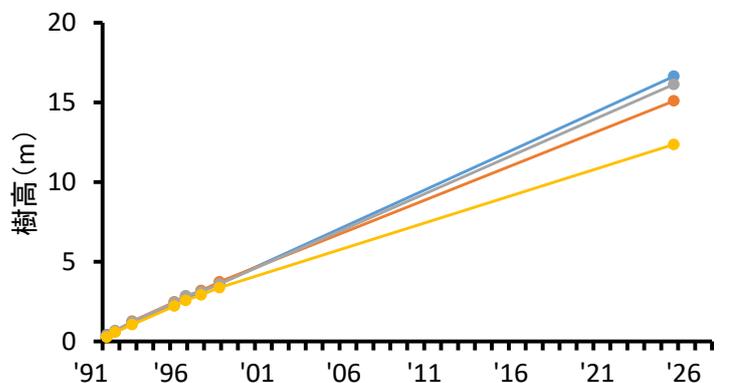
根元および胸高直径は、植栽初期よりヒヨウスギ斜め植えが他に比べて小さく、その後統計的な差のみられない期間もあったものの、2024年においてもクワジマスギ普通植えに比べ有意に小さかった



処理	Apr-91	Oct-91	Oct-92	Apr-95	Dec-95	Nov-96	Dec-97	Oct-24
ク普	b	c	b	abc	bc	a	a	b
ク斜	b	bc	c	c	bc	a	a	ab
ヒ普	b	bc	bc	b	b	a	a	ab
ヒ斜	a	a	a	a	a	a	a	a

Steel-Dwassの多重比較：異なる記号は有意差有り（ $p < 0.05$ ）

図-1. 根元と胸高直径の推移  
解析は、Kruskal Wallis test



処理	Apr-91	Oct-91	Oct-92	Apr-95	Dec-95	Nov-96	Dec-97	Oct-24
ク普	c	ab	b	a	a	a	a	b
ク斜	b	ab	bc	a	a	a	a	ab
ヒ普	b	b	b	a	a	a	a	ab
ヒ斜	a	a	a	a	a	a	a	a

図-2. 樹高の推移  
凡例と解析（多重比較）は図-1と同じ

(図-1)。樹高においても、直径とほぼ同様な傾向がみられた(図-2)。

### 3 二次根(不定根)発生の比較

斜面の下方方向に発生する二次根(不定根)の発生個体数を比較すると、クワジマスギがヒヨウスギに比べて多い傾向がみられた。発生率は、クワジマスギ普通植え 87.5%、斜め植え 50.0%、ヒヨウスギ普通植え 44.4%、斜め植え 41.7%で、クワジマスギ普通植えで最も高かった( $\chi^2$ 検定、 $p<0.05$ )。

### 4 植栽初期の倒れ角度の推移

1997年までの植栽木の倒れ角度の

推移(図-3)をみると、植栽翌年の雪解け時の倒れ角度は、普通植えでは両品種系統とも約47°であったのに対し、クワジマスギ斜め植え83.7°、ヒヨウスギ斜め植え74.9°と、斜め植えで倒れ角度が大きかった。しかしながら、その後は、処理間、品種系統間で差がみられなくなった。

### 5 傾幹幅の推移

傾幹幅は、品種系統や植栽方法に関係なく、1998年(9年生)まで上下を繰り返しながら大きくなっていった(図-4)。ヒヨウスギ斜め植えでは2024年に最も大きくなったが、それ以外は、1998年にほぼピークに達し、以降横ばいないしは小さくなる傾向がみられた。1998年までは、ヒヨウスギ普通植えで大きい値を示したが、2024年にはヒヨウスギ斜め植えがクワジマスギ普通植えよりも大きくなる傾向がみられた。2024年の結果に関して、傾幹幅を目的変

数(正規分布で恒数)とし、品種系統、植栽方法、二次根の有無を説明変数とする一般化線形回帰(GLM)による解析を行った結果、切片の推定値96.396( $p<0.0001$ )、斜め植えは有意な影響は示さず(推定値-1.1068、 $p>0.05$ )、クワジマスギが負の影響(推定値-14.482、 $p<0.0065$ )を示し、二次根無しが正の影響(推定値31.290、 $p<0.0001$ )を示した。

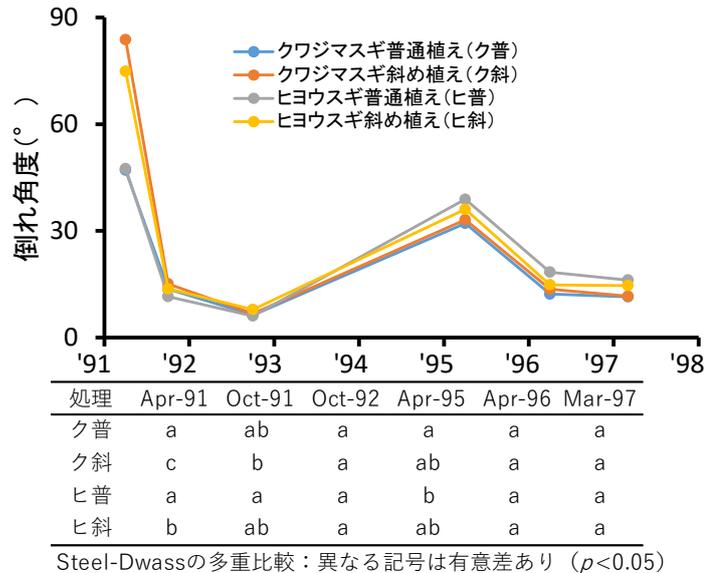


図-3. 植栽木の倒れ角度の推移  
解析は、Kruskal Wallis test

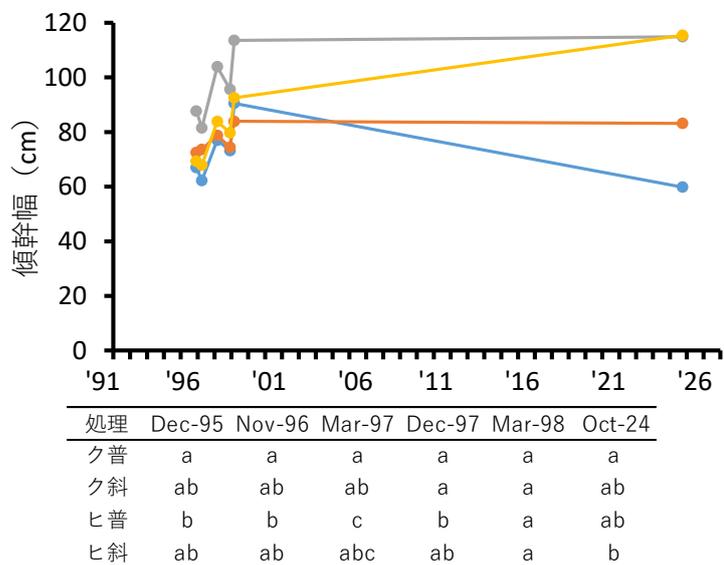


図-4. 植栽木の傾幹幅の推移  
凡例と解析(多重比較)は図-3と同じ

#### IV 考察

植栽翌年の倒れ角度は明らかに斜め植えの方が大きかったが、それ以降は差がないことから、植栽方法の違いによるに幹の倒伏や根元曲がりの差は植栽翌年以降にはみられないようである。2～9年生時においては、成長や根元曲がりに大きな差はみられなかったものの、雪害による影響を含めた残存率はヒヨウスギ斜め植えが最も低かった。しかし、ヒヨウスギ普通植えも斜め植えに次いで低いことから、植栽初期の雪圧に対する影響は品種系統の違いに関係していると考えられる。

34年生時において、成長にはクワジマスギ普通植えとヒヨウスギ斜め植えとの間にのみ差が認められた。また、根元曲がりにおいても同様な傾向がみられ、ここでも植栽方法よりも品種系統の違いが関係していることが示唆された。

斜め植えの効果として、根元曲がりの軽減に対する期待が持たれている（片倉 1978；平 1987）。今回の試験結果をみる限り、その効果は植栽初期においても成林時においてもみられない。クワジマスギは、斜め植えの効果がみられなかったものの二次根が発生しやすいことから、多雪環境に適した性質を持つと考えられる。今後、コンテナ苗でも検証が必要である。

#### 引用文献

豪雪地帯林業技術開発協議会（1984）：雪に強い森林の育て方．170pp、日本林業調査会、東京

片倉正行（1978）：多雪地帯におけるスギ斜め植えと根元曲がりについて．第26回日本林学会中部支部大会講演集：7-9

小野寺弘道（1990）：わかりやすい林業研究解説シリーズ96 雪と森林．81pp、林業科学技術振興所、東京

SAS Institute（2011）JMP（Statistical discovery software）version 9（日本語版）．SAS Institute

平 英彰（1987）：スギ根元曲がりの形成過程と制御方法に関する研究．富山県林業試験場研究報告12：1-80



写真-1. 林内の全景



写真-2. 二次根の有る根元  
斜面の下側に垂直に根が伸びる



写真-3. 二次根の無い根元  
ポールの位置が植栽位置