

カラマツの繊維傾斜度に関する選抜

三 上 進⁽¹⁾・長 坂 寿 俊⁽²⁾S. MIKAMI and K. NAGASAKA: Selection for Minimizing
Spiral Grain in *Larix leptolepis* GORD.

要 旨：繊維傾斜度の小さいカラマツ個体の選抜方法を検討するとともに、若干の仮定をおいた上で、選抜効果の推定を行なった。繊維傾斜度の小さい個体を選び出す操作は、地上高1.0~4.0 m 部位から厚さ10 cm の円板を採取して、その上下両面に髓を通る一對の基準線をもうけ、一方から割裂させる。他方には、繊維の傾斜に応じて基準線からずれた割裂線が現われるので、そのずれと円板の厚さから繊維の傾斜角度を求めて、望ましい個体を選び出す。繊維傾斜度の個体間変動幅は林分によって少し違うが、円板内の最大値で1.5°~10.8°、平均値で0.6°~6.9°であった。選抜基準を日本農林規格の特等材に相当させ、最大値が3.0°以下で平均値が1.3°以下のものとする、この基準にあう個体は3~7%出現した。繊維傾斜度と成長および幹の形状比との間には、一定の関係は認められなかった。全調査木358本の年輪別資料を用いて、次代検定または2次選抜が可能になる年齢を推定し、8~10年生になれば80%の確からしきで可能であることを明らかにした。カラマツの最大繊維傾斜度に関する広義の遺伝率(0.49)と、他の樹種の例から、狭義の遺伝率を0.40と0.45とに想定して選抜効果を推定すると、1回の選抜で25~30%の遺伝獲得量が期待される。また、選抜強度が5~10%ならば、次代集団に含まれる希望型(選抜基準にあう個体)の割合は20~30%になる。

I ま え が き

カラマツ材は、一般に乾燥にともなうねじれ狂いや材面割れなどの欠点があるために、建築用材としての利用価値が低く、おもに細丸太として利用されてきた。近年になって、流通問題や外材および代替材の進出、競合などによりその需要も減退しており、材の利用開発が強く望まれている。これまでの研究結果から、カラマツの角材や板材のねじれ狂いの程度は、材の繊維傾斜度(旋回木理)の大きさと密接な関係にあることが明らかにされている⁽³⁾⁽⁴⁾⁽¹⁵⁾⁽¹⁹⁾。また、繊維傾斜度は個体によって大きな差があり、利用上許容できる材をもつ個体も、少数ではあるが一般の造林地に存在する⁽⁸⁾。さらに同じ環境で育てられたカラマツ精英樹クローンの繊維傾斜度を調べた例⁽⁹⁾では、クローン間に大きな差があり、育種できる十分な遺伝変動量を含んでいる。

これら既往の研究成果を検討した結果、繊維傾斜度の小さい個体を選抜して、“ねじれ”の少ない材を生産するカラマツをつくることが可能であり、材の利用拡大に寄与できると考えた。

この研究は林業試験場造林部遺伝育種科長戸田良吉博士の指示によるものであり、林野庁造林保護課の委託調査「カラマツの繊維傾斜度に関する選抜調査」で具体的にスタートした。昭和47年3月に長野営林局上田営林署管内で、調査と選抜を実行した。翌48年2月に長野県佐久市の民有林で調査を行ない、選抜個体を追加した。選抜個体のクローンは、現在、関東林木育種場長野支場で増殖中であり、これらを材料

として、繊維傾斜度の遺伝を明らかにするための研究を同場と共同で進めている。

この報告は、調査した 2 林分の資料を用いて、林分内の個体間変動の大きさ、選抜基準と選抜差、選抜個体の特性、次代検定または 2 次選抜が可能になる年齢、選抜による育種効果を検討したものである。

この研究を計画するにあたっては、林業試験場調査部長加納 孟博士の繊維傾斜度の小さいカラマツ個体の存在に関する示唆が大きな動機となった。また、林野庁造林保護課のご援助が研究を開始する契機となった。現地調査と試料の採取にあたっては、長野営林局および上田営林署の関係職員、長野県森林組合連合会東信支所および佐久市森林組合関係者のご協力をいただいた。さらに、調査方法については、林業試験場木材部材質研究室長中野達夫氏および同研究室主任研究官中川伸策氏のご指導をいただいた。この報告をまとめるにあたっては、前記戸田良吉博士から有益な助言をいただいた。これらの方々に厚くお礼申しあげる。

II 調査林分

選抜個体のツギキ・クローンを確保するために、ツギホの採取適期に伐採が行なわれていた次の林分を対象として、調査と選抜を実行した。

1. 和田山国有林

所在地：長野県小県（ちいさがた）郡和田（わだ）村，上田営林署和田山（わだやま）国有林 147 林班
は小班

地 況：海拔高 1,400~1,530 m，傾斜 10°前後，土壤型 B_{1b}-E

林 況：林齢 54 年（1918 年植栽），樹高（m）23/16~26，胸高直径（cm）30/12~48，ha あたり材積
429 m³

伐 採：皆伐

調 査：1972 年 3 月

2. 常和区有林

所在地：長野県佐久（さく）市大字常和（ときわ）字月通（つきどおり），常和（ときわ）区有林

地 況：海拔高 750 m 前後，傾斜 15~20°，土壤型 B₀

林 況：林齢 31 年（1942 年植栽），樹高（m）15/12~18，胸高直径（cm）18/12~24，ha あたり材積
150 m³

伐 採：間伐（間伐率 25%）

調 査：1973 年 2 月

常和区有林は、利用間伐が行なわれていた林分で林齢も若かった。一般的には、間伐木で選抜することは、成長などを考えるとマイナス選抜になるので、育種上は望ましくないが、この林分を対象にしたのは、調査できる主伐林分がなかったことと選抜形質を繊維傾斜度だけに限定したからである。樹齢が若いことについては、前年の和田山国有林の調査結果から、30 年生以上であれば繊維傾斜度について個体評価が十分できると考えた。また、同じ結果から、繊維傾斜度は成長量や樹形とは関係がなさそうであると推定されたので、利用上の選択が行なわれた間伐木集団であっても、繊維傾斜度の変動量は林分全体のものと大きな違いはないと考えた。

III 調査方法

1. 調査と試料採取

調査した2林分の伐採現場は、伐倒木をトラクターで集材し、土場で玉切る作業手順であった。集材中に枝や梢端部が欠失するので、調査と試料採取は次のように行なった。

和田山国有林では、約200本の供試木が得られるように区画し、その中の調査可能な伐倒木をすべて調査した。まず、伐倒木の元口に個体番号をつけ、樹高、胸高直径、枝下高、幹の通直性を調べ、ツギホを採取した。さらに、土場に集材され玉切られる段階で、一番玉の上（大部分の個体は地上高4.0 m、一部の幹曲り個体や根元に腐れのある個体は地上高1.8 m）で厚さ10 cmの円板を採取した。調査個体は204本であったが、集材もれなどのために、円板が採取されたのは193本であった。

常和区有林では、伐採現場の一端から伐倒木の調査を始め、200本に近い供試木が得られるように調査面積を拡大していった。調査項目は和田山国有林の場合と同じであった。ツギホは全調査木から採取した。この現場では一定規格の材を生産せずに、個体ごとに用途をきめ採材していたが、通直な材を生産するために、大部分の個体は地上高1.0~2.0 m以下の部分が切り捨てられたので、その部分から厚さ10 cmの円板を採取した。地上高3.0 mの位置からも一部採取した。調査は183個体について行なったが、集材もれや全幹利用の個体があったので、円板が採取されたのは165個体であった。

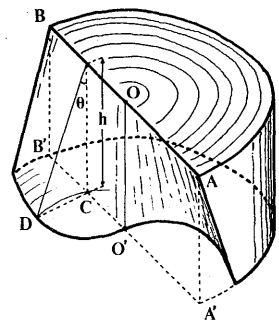
2. 繊維傾斜度の測定方法

繊維傾斜度を測定する実用的な方法としては、繊維走向測定器⁹⁾などを用いて繊維走向にそってスジをつけ、基準線（樹軸線）からのフレを測定する Scribe 法、試料の表面から繊維の薄片をひきはがし、繊維走向の軌跡を露出させて基準線からのフレを測定する Sliver 法、一定厚さの円板を割裂させて基準線からのフレを測定する Splitting 法（割裂法）がある。最初の方法は、おもに丸太、角材、厚板などを対象とする方法であり、2番めの方法はおもに小試料片を対象とする方法である。最後の割裂法は、樹種によっては必ずしも繊維走向にそって割れずに、強度の弱い部分に向かって割れる欠点指摘されているが¹²⁾、カラマツの繊維傾斜度の測定には簡便で有効な方法である⁸⁾¹³⁾。

したがって、この調査では割裂法を採用した。円板内の測定方位については、いずれの方位をとって代表値としてもよいので⁸⁾¹⁶⁾、節のない方向を選んで割裂させた。Fig. 1 はその模式図である。まず、髄を通る AB 基準線をもうけ、これと反対の木口面に A'B' 基準線をとる。A'B' 線は、長い2本の直定規を用いて、1本を AB 線に固定し、他を O' 点にあわせて AB 線に平行になるようにとった。次に、AB 線になたをおき加撃して割裂させると、A'B' 面に割裂線があらわれるので、各年輪の晩材部で、A'B' 線から割裂線までの距離 (CD) をノギスを用いて 1/10 mm 単位で測定した。この値と供試円板の厚さ (h) から、繊維傾斜度 (θ) を次式で求めた。

$$\text{繊維傾斜度 } (\theta) = \tan^{-1} \frac{CD}{h}$$

各個体の年輪別繊維傾斜度は、同じ直径上の両半径方向の値を平均して求めた。ごくまれに、円板の中で髄が極端に曲がっているものがあった。



$$\text{Grain angle } (\theta) = \tan^{-1} \frac{CD}{h}$$

Fig. 1 割裂による測定方法の模式図

Illustration of the method of examination by splitting.

たが、この場合は、髓の位置でもうけた基準線と樹軸線が合わないので、異常な割れ方をし、割製法では測定できなかった。

繊維傾斜の程度を表わすのに、度、ラジアン、パーセントなどが用いられているが、研究上は度による表示が一般的に多くつかわれており、度に統一した方がよいという提案¹²⁾もあるので、ここでは度を採用した。ただし、日本農林規格ではパーセントが用いられている。

繊維の傾斜方向の表示には、左方向と右方向、S方向とZ方向が用いられているが、上と同じ理由で、ここでは左方向と右方向で表わすことにした。この場合、左とS、右とZがそれぞれ対応している。

IV 繊維傾斜度についての個体評価

繊維傾斜度は幹の高さによって、また同じ高さでも年輪によって変わるので⁸⁾¹³⁾、選抜を行なう場合、どの位置から採取された試料の、どんなデータで個体間を比較し、相対的な価値評価をするのがまず問題となる。幸いなことに、カラマツの繊維傾斜度の地上高位置による変異および年輪間変異については、すでにくわしく調べられた例があるので、それらをレビューして、実際に測定したデータと合わせて検討することができた。その結果、育種母材料を選出するための個体評価は、比較的簡単にできることがわかった。

測定試料は、胸高位置または樹種によってはもう少し高い位置(3.0 m)から採取されるのが望ましいとされている¹²⁾。カラマツでは、胸高位置の値で幹全体の平均値を推定できる⁸⁾。また、地上高1.2 mと3.2 mの円板では、繊維傾斜度の半径方向の変動がほぼ同じパターンを示し、5.2 mの位置になると、胸高円板と同じ変動パターンを示す個体とそうでない個体がある⁸⁾。したがって、調査が繊維傾斜度の変動パターンあるいは変動要因の解析を目的としたものでなく、繊維傾斜度の特に小さい個体を見つけ出すことであるならば、地上高1.0~4.0 mの範囲から試料が取られておれば目的は十分達せられる。しかも、このような試料採取でよければ、選抜を目的として伐採をする必要がなく、採材上の損失が少ないので、

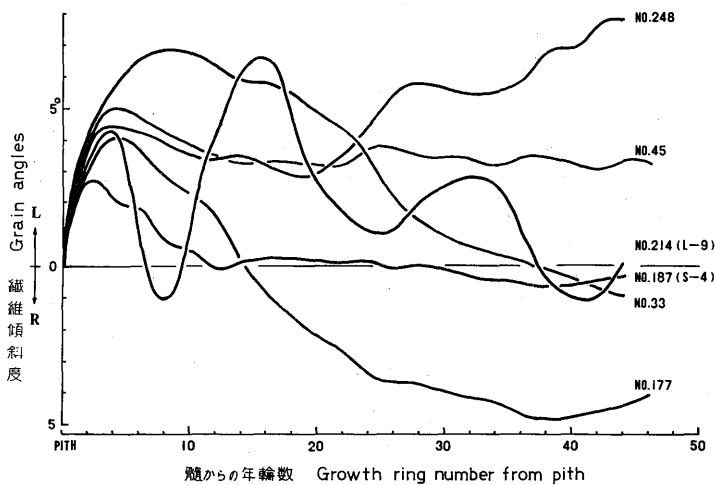


Fig. 2 カラマツにおける繊維傾斜度の半径方向変動例
Variation types of radial variation of spiral grain in
Japanese larch, found during this investigation.

一般の伐採事業が行なわれている林分で選抜作業ができる。

繊維の傾斜は、同じ円板の中でも髄から外周に向かって程度や方向が変わる。Fig. 2 は特徴的な個体の例である。多くの個体は、初め左方向に大きく傾斜し、その後しだいに減少する傾向を示す。しかし、その程度や変化の遅速は個体によってさまざまである。繊維の傾斜が、左方向から右方向にかわる個体も多数認められる。外周に向かって傾斜角度が連続的に増大している個体や、傾斜角度が不規則に変わる個体も少数ではあるが存する。このように、繊維傾斜度の半径方向の変動パターンは複雑であるが、要するに円板内の最大値（以下「最大繊維傾斜度」とする）が小さく、平均値（以下「平均繊維傾斜度」とする）も小さいのが繊維傾斜度の小さい個体ということになるから、この2つの値で個体評価ができる。この場合、繊維の傾斜方向を変える個体や、ごく少数ではあるが右方向で最大繊維傾斜度を示す個体があるので、各年輪の値は傾斜方向に関係なく、絶対値であつかう必要がある。

V 繊維傾斜度の個体間および林分間変動

繊維傾斜度が同じ林分内の個体でどの程度ばらつくのか、またばらつきの程度が林分によって違うのかどうかを検討した。Table 1 は、調査した2林分における最大繊維傾斜度と平均繊維傾斜度の変動範囲、林分平均、標準偏差を示したものである。最大繊維傾斜度の変動範囲は、和田山国有林で $1.5^{\circ} \sim 9.8^{\circ}$ 、常和区有林で $2.1^{\circ} \sim 10.8^{\circ}$ であり、後者の方がやや大きかった。しかし、標準偏差はいずれも1.4であり、同じ変動幅をもっていた。Fig. 3 は繊維傾斜度の階級別出現頻度を示したものである。常和区有林の場合は間伐木を調査したものであるが、この図からもわかるように、和田山国有林の主伐木の例と同じく、十分大きな変動量を含んでいた。このように、主伐林分でも間伐林分でも、選抜木の増殖に必要なツギホが採取できる時期に伐採が行なわれている林分があれば、選抜を実行することができる。

平均繊維傾斜度の林分平均値は、一般に高齢な林分ほど小さくなると予想される。その理由は、多くの個体が髄に近い部分で大きな値を示し、その後年輪の増加にともなって小さくなるからである。しかし、調査した2林分の結果では、54年生の和田山国有林と、31年生の常和区有林がそれぞれ 2.5° と 2.6° の値を示し、23年の年齢差があってもほとんど違いがなかった。それは、Fig. 4 に示されるように、半径方向の変動が両林分で異なるためである。常和区有林では2年輪めから減少過程をたどる傾向にあるが、和田山国有林では20年輪付近でふたたび大きくなっているため、その増加分が年齢差を消去している。ただ

Table 1. 和田山国有林と常和区有林における繊維傾斜度の個体間変動
Variation of grain angles among trees in the WADAYAMA
and TOKIWA stands

林 分 Stand	変 数 Variable	繊維傾斜度 ($^{\circ}$) Grain angles ($^{\circ}$)	
		最 大 値 Maximum	平 均 値 Average
和 田 山 WADAYAMA	範 囲 Range	1.5 ~ 9.8	0.6 ~ 6.9
	平 均 Average	4.5	2.5
	標 準 偏 差 Standard deviation	1.4	1.3
常 和 TOKIWA	範 囲 Range	2.1 ~ 10.8	0.6 ~ 6.4
	平 均 Average	5.1	2.6
	標 準 偏 差 Standard deviation	1.4	1.2

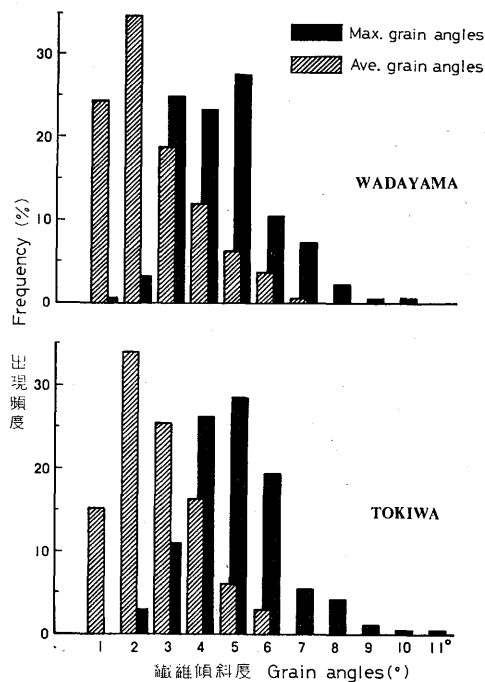


Fig. 3 和田山国有林と常和区有林における最大繊維傾斜度と平均繊維傾斜の林分内頻度分布
Frequency distribution of maximum grain angles and average grain angles in the WADAYAMA and TOKIWA stands.

し、和田山国有林の例においても、全調査木がこのような傾向を示したのではなく、その中の約20%の個体に現われた特徴が林分平均値に大きく影響していた。その原因については現在のところ全くわからないが、年輪幅を調べた限りでは、それら20%の個体と他と異なった成長経過をたどったとは認め難いので、少なくとも成長とは直接関係がなさそうである。

繊維の傾斜方向は、髄付近ではすべての個体が左方向であった。その後右方向にかわる個体が和田山国

繊維の傾斜方向は、髄付近ではすべての個体が左方向であった。その後右方向にかわる個体が和田山国

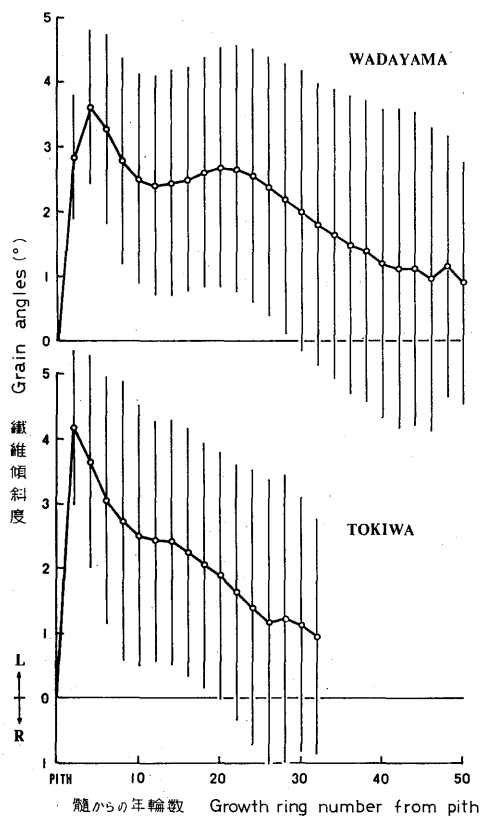


Fig. 4 繊維傾斜度の半径方向変動における林分間のちがい
Difference between stands in radial variation pattern of spiral grain, showing average of total individuals.

Table 2. 繊維の回旋方向を変える個体の出現頻度
Frequency of trees changing direction of spiral in the succeeding growth rings

林 分 Stand	調査木本数 Number of sample trees	右回旋に方向を変える個体 Number of trees changing spiral direction from left hand to right	右回旋方向で最大繊維傾斜度を示す個体 Number of trees having maximum grain angles in right hand direction
和田山 WADAYAMA	193	85 (44.0%)	9 (4.8%)
常和 TOKIWA	165	68 (41.2%)	2 (1.2%)

有林で44.0%，常和区有林で41.2%みられた（Table 2）。この値は，すでに発表されている例⁴⁾⁸⁾に比べるとやや低かった。右方向で最大繊維傾斜度をもつ個体は，和田山国有林で9個体（4.8%），常和区有林で2個体（1.2%）であった。95～97%の個体は左方向で最大値を示した。

以上のように，個体の間では大きな違いが認められたが，林分間では，年齢差を多少割り引けば，最大繊維傾斜度や平均繊維傾斜度の変動幅，ねじれ返し（繊維の傾斜方向が左から右にかわる）をする個体の出現頻度，右方向で最大繊維傾斜度を示す個体の出現頻度などについて，大きな差はなかった。

VI 繊維傾斜度についての選抜

1. 選抜基準，選抜強度および選抜差

個体間変動量がわかり選抜基準が決まれば，どの程度の選抜強度で，またどの程度の選抜差で望ましい育種材料を選ぶことが可能であるか予測できる。

選抜基準は，日本農林規格に定められている材の利用上の要求（特等材の繊維傾斜度は5%……2.9°以下）と，そのような材を生産する個体の出現率⁸⁾から，最大繊維傾斜度が3.0°以下で，平均繊維傾斜度が1.3°以下のものとした。この基準にあう個体の出現率は，和田山国有林で6.7%，常和区有林で3.0%であった。したがって，林分による多少の違いはあるが，一般造林地では5%前後の選抜強度で，繊維傾

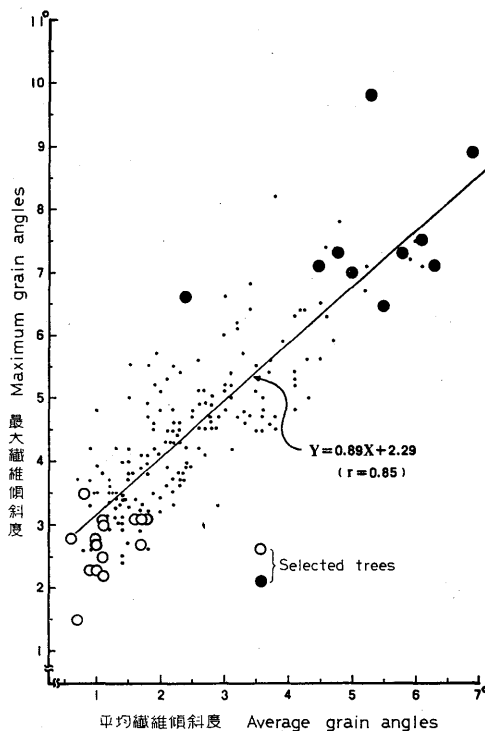


Fig. 5 平均繊維傾斜度と最大繊維傾斜度との関係（和田山）

Relationship between average grain angles and maximum grain angles in WADAYAMA.

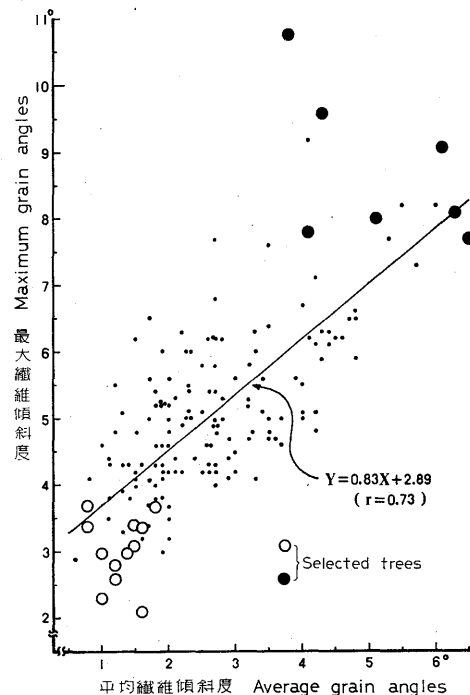


Fig. 6 平均繊維傾斜度と最大繊維傾斜度との関係（常和）

Relationship between average grain angles and maximum grain angles in TOKIWA.

斜度の小さい個体を選び出されることになる。その場合の選抜差は、最大繊維傾斜度で 2.0° ぐらい、平均繊維傾斜度で 1.5° ぐらいである。

最大繊維傾斜度と平均繊維傾斜度とは、Fig. 5~6 に示されるように、両者の間に高い正の相関関係($r=0.86, 0.73$)があるので、前者だけについて選抜しても、後者についてもある程度望ましい個体が得られる。しかし、精度は落ちる。たとえば、最大繊維傾斜度だけについて選抜したと仮定すると、和田山国有林では約11%、常和区有林では約5%の個体を選ばれることになる。これらの中には、平均繊維傾斜度が 2° 前後のものが含まれており、前述の選抜基準にあう個体は62%にすぎない。野外調査では、平均繊維傾斜度を求める時間的余裕はないが、最大値が 3° 以下の個体をまず選び、それらの中から繊維傾斜度が逐年的に減少している個体を選べば、精度を落さずに選抜できる。Fig. 5~6 の○印は現地で選抜した個体である。その後、全調査木の円板を研究室にもち帰り、精密測定を行なった結果では、少数の見落とし個体が認められたが、ほぼ満足できる結果を得た。なお、この中に選抜基準にあわない個体があるのは、今後の研究材料として必要本数を確保するために、基準に近いものを補充したためである。

2. 繊維傾斜度と成長および他の形質との関係

今回の選抜では、成長や樹形を無視して繊維傾斜度の大きさだけを対象としたが、育種事業として行なう場合は、他の形質も同時に評価されることになるだろう。しかも、カラマツでは繊維傾斜度と成長との関係があるとする報告⁸⁾¹⁶⁾も見られるので、この点の検討を行なった。

Fig. 7~8 は、和田山国有林と常和区有林における胸高直径および樹高と最大繊維傾斜度との関係を示したものである。いずれの場合も、一定の関係があるとは認められなかった。平均繊維傾斜度についても、図示しなかったが同様であった。カラマツ精英樹クローンをを用いて調べた年輪幅と繊維傾斜度との関係でも、相関関係がなかったので⁹⁾、少なくとも表現型では、成長と繊維傾斜度との間に従属関係があるとは考えられない。したがって、選抜に際しては、両者を独立な形質として扱うことができる。このことは、逆にいえば、両形質にすぐれた個体が存在する可能性があるということになる。事実、和田山国有林

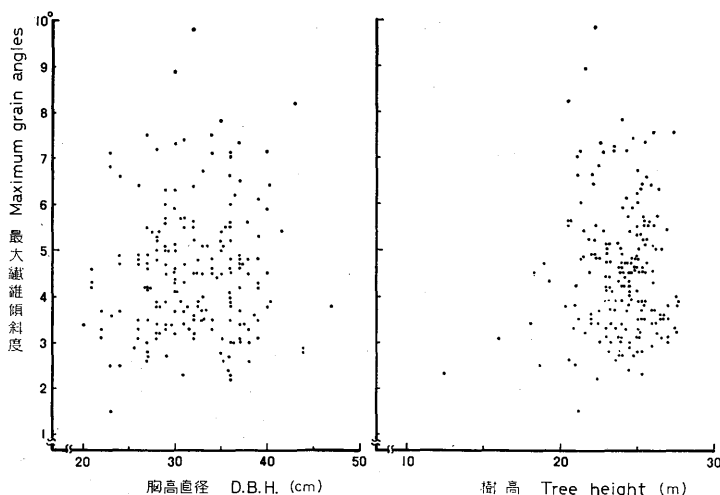


Fig. 7 最大繊維傾斜度と胸高直径、樹高との関係 (和田山)
Relationship between the maximum grain angles and breast height diameter or tree height in WADAYAMA.

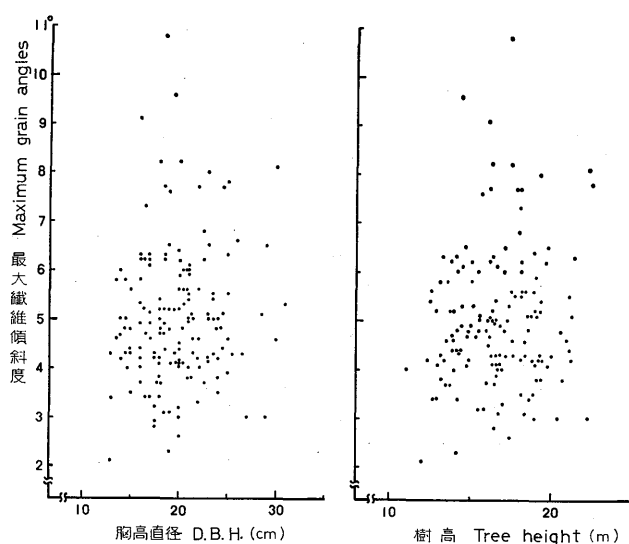


Fig. 8 最大繊維傾斜度と胸高直径、樹高との関係 (常和)
Relationship between the maximum grain angles and breast height diameter or tree height in TOKIWA.

Table 3. 和田山国有林から選抜した個体の特性
Characteristics of the trees selected from WADAYAMA

選 抜 木 Selected trees	樹 高 Tree height (m)	胸高直径 Diameter at breast height (cm)	枝 下 高 Clean bole length (m)	最大繊維 傾 斜 度 Maximum grain angles (°)	平均繊維 傾 斜 度 Average grain angles (°)	幹 の 形 状 Stem form
SGS-1	24.8	35.8	14.8	2.7	1.0	Crooked
2	16.0	26.0	10.8	3.1	1.7	Straight
3	25.1	32.0	10.8	3.1	1.7	"
4	25.0	44.0	17.0	2.8	0.6	"
5	21.2	23.0	13.3	1.5	0.7	Slightly crooked
6	27.0	36.0	22.0	3.0	1.1	Straight
7	25.3	36.0	18.6	2.3	1.0	"
8	18.7	23.0	15.0	2.5	1.1	"
9	27.0	35.2	17.0	3.1	1.6	"
10	23.8	28.0	15.8	3.1	1.1	"
11	12.5	30.9	4.2	2.3	0.9	Forked
12	25.3	35.0	12.5	2.8	1.0	Straight
13	27.0	32.0	19.4	3.5	0.8	"
14	24.0	27.0	17.0	2.7	1.7	"
15	22.4	36.0	13.2	2.2	1.1	Slightly crooked
Average	23.0	32.0	14.8	2.7	1.1	
SGL-1	25.5	30.0	18.2	7.3	4.8	Straight
2	23.5	40.0	10.5	7.1	4.4	"
3	21.6	30.0	15.5	8.9	6.9	"
4	26.0	27.0	20.3	7.5	6.1	Crooked
5	22.2	32.0	14.7	9.8	5.3	Straight
6	22.8	34.0	14.8	7.1	6.3	"
7	25.3	40.2	16.6	6.4	5.5	"
8	22.6	37.0	12.1	7.3	5.8	"
9	21.1	24.0	12.0	6.6	2.4	"
10	21.1	36.0	9.6	7.0	5.0	"
Average	23.2	33.0	14.4	7.5	5.3	
Average of all sample trees	23.9	32.0	15.8	4.5	2.5	

で選抜した SGS-4 は、成長がすぐれており、繊維傾斜度も最大値が 2.8° で平均値が 0.6° であった。ただし、このような個体の出現率は非常に低く、 0.5% 以下になる。

枝下高や幹の形状比と繊維傾斜度との関係についても、胸高直径や樹高の場合と同様に、一定の関係があるとは認められなかった。

3. 選抜個体の特性

Table 3~4 は、和田山国有林と常和区有林で選抜した個体の特性一覧表である。選抜木の中には成長の良くないものや樹形の悪いものも含まれている。選抜個体群の胸高直径、樹高、枝下高の平均値は全調査木の平均値とほぼ同じであった。繊維傾斜度の選抜差は、基準にあわない個体が何本か含まれているので、前に述べた予想値よりも低く、和田山国有林の場合が最大繊維傾斜度で 1.8° 、平均繊維傾斜度で 1.4° であり、常和区有林の場合がそれぞれ 1.5° と 1.2° であった。

Fig. 9~10 は、各選抜木の繊維傾斜度の年輪変化を示したものである。個体記号の SGS は繊維傾斜度の小さい個体で、SGL は大きい個体である。SGS グループのうち、選抜基準にあう個体は次のものであった。

和田山国有林：SGS-1, 4, 5, 6, 7, 8, 11, 12, 15 計9本

常和区有林：SGS-16, 24, 26, 30 計4本

これら選抜木の全調査木に対する割合は、和田山国有林で 4.7% 、常和区有林で 2.4% であった。全調査

Table 4. 常和区有林から選抜した個体の特性
Characteristics of the trees selected from TOKIWA

選 抜 木 Selected trees	樹 高 Tree height (m)	胸高直径 Diameter at breast height (cm)	枝 下 高 Clean bole length (m)	最大繊維 傾 斜 度 Maximum grain angles ($^{\circ}$)	平均繊維 傾 斜 度 Average grain angles ($^{\circ}$)	幹 の 形 状 Stem form
SGS-16	17.4	20.0	8.5	2.6	1.2	Straight
18	18.4	18.5	10.0	3.1	1.5	"
19	14.2	18.0	7.7	3.4	1.6	Crooked
20	12.0	13.0	9.1	2.1	1.6	Straight
21	13.5	18.0	7.3	3.7	1.8	"
22	12.7	13.0	8.5	3.4	0.8	"
23	12.8	16.5	7.3	3.4	1.5	Slightly crooked
24	14.1	19.0	8.2	2.3	1.0	Straight
26	16.5	17.5	10.0	2.8	1.2	"
27	16.5	22.5	8.0	3.7	0.8	Crooked
28	20.4	29.0	9.1	3.0	1.4	"
30	22.3	27.0	9.0	3.0	1.0	Straight
Average	15.9	19.3	8.6	3.0	1.3	
SGL-11	22.5	25.0	12.0	7.8	4.1	Straight
13	19.3	23.0	8.1	8.0	5.1	Slightly crooked
14	17.9	18.5	9.7	7.7	6.5	Crooked
15	16.1	16.0	7.9	9.1	6.1	Straight
16	14.4	19.5	4.8	9.6	4.3	Crooked
17	17.4	18.5	10.8	10.8	3.8	Straight
18	22.3	30.0	11.2	8.1	6.3	"
Average	18.6	21.5	9.2	8.7	5.2	
Average of all sample trees	15.7	19.8	8.7	5.1	2.6	

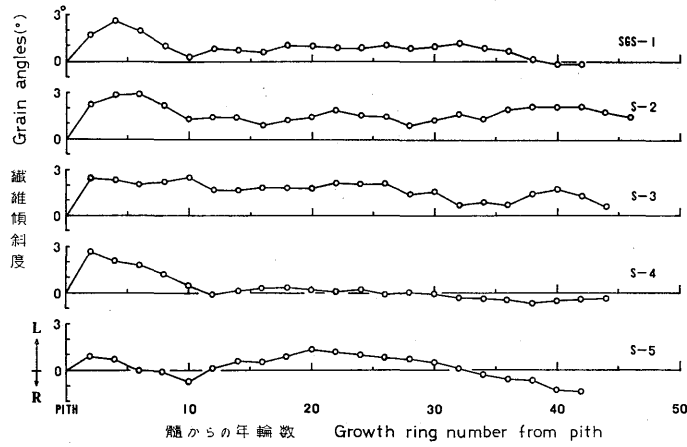


Fig. 9-1

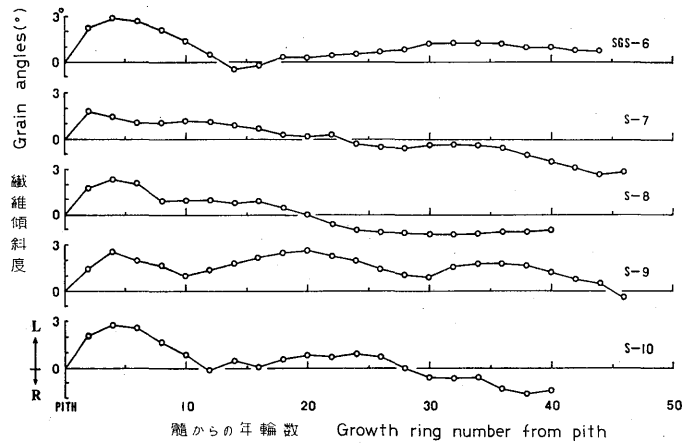


Fig. 9-2

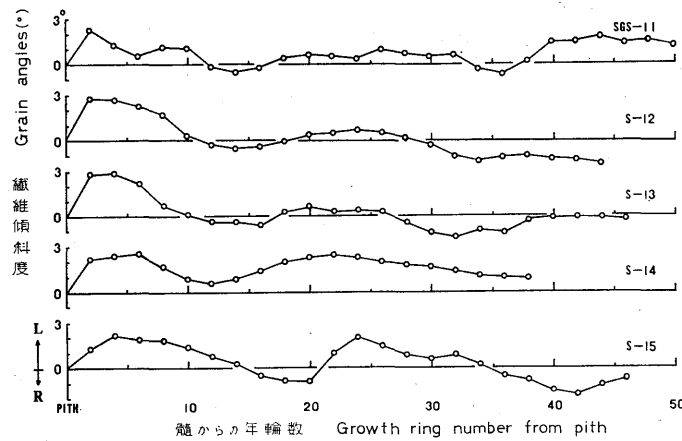


Fig. 9-3

Fig. 9 和田山国有林で選抜した個体の繊維傾斜度の半径方向変動パターン
Radial variation patterns of grain angles of the selected trees at WADAYAMA.

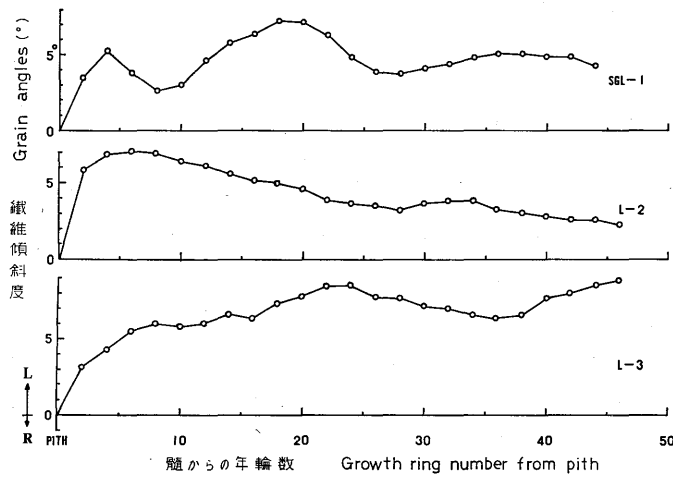


Fig. 9-4

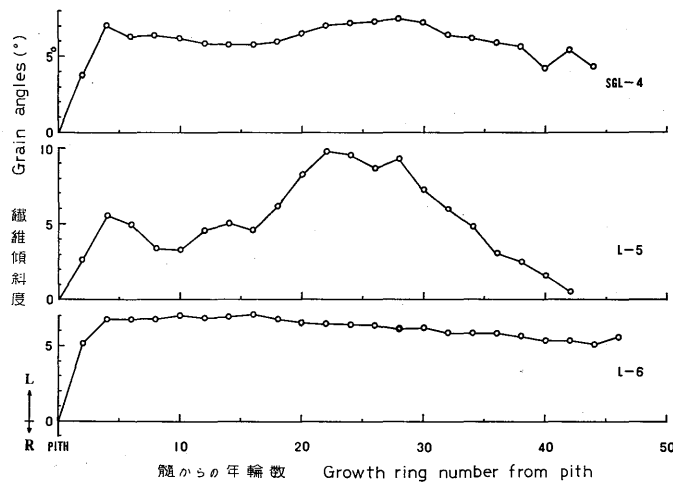


Fig. 9-5

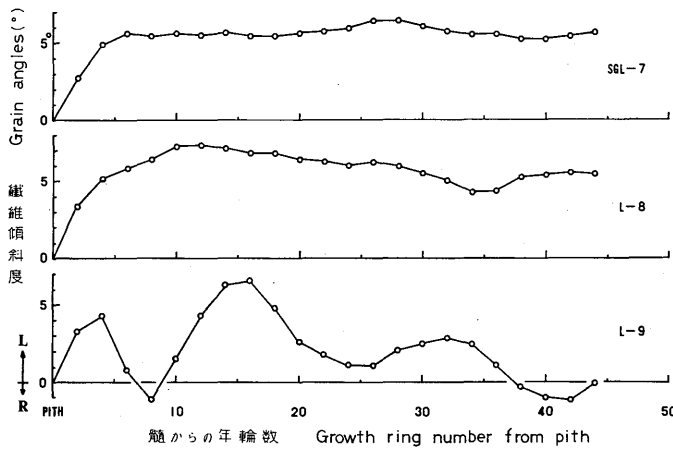


Fig. 9-6

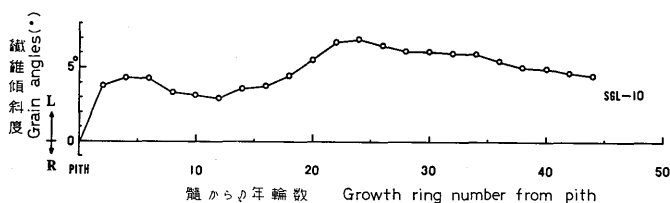


Fig. 9-7 (つづき in continuation)

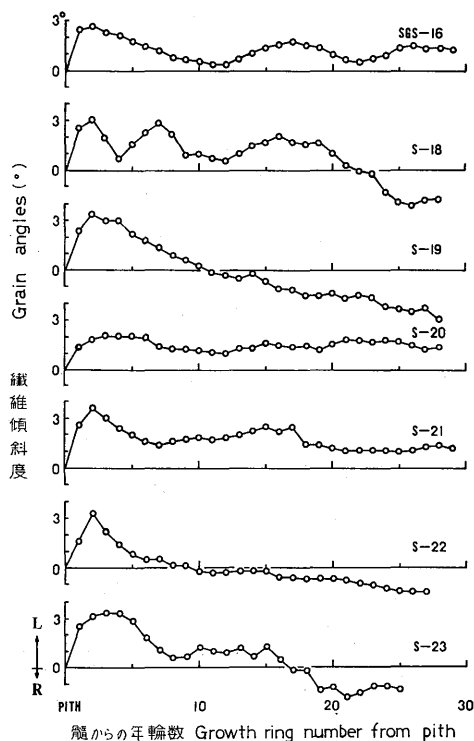


Fig. 10-1

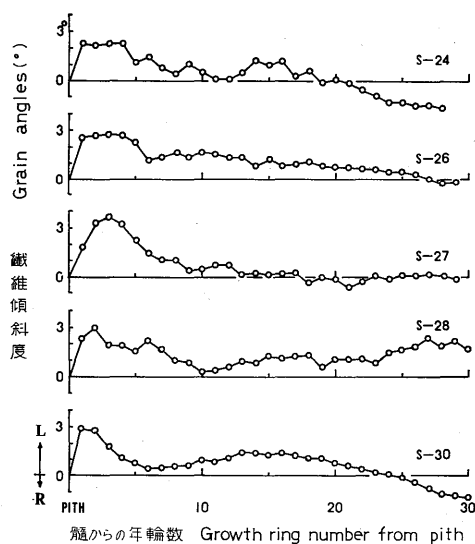


Fig. 10-2

Fig. 10 常和区有林で選抜した個体の繊維傾斜度の半径方向変動パターン
Radial variation patterns of grain angles of selected trees at TOKIWA.

木の円板を精密測定した結果では、選抜基準にあう個体の出現率はそれぞれ6.7%と3.0%であった。現地でのおおざっぱな測定や観察では見落とし個体は何本か出るので、これを考慮すると、1つの集団から望ましい個体を選び出せる割合は、最大限に見積もって5%どまりであろう。

繊維傾斜度の大きい個体は、遺伝試験を行なうための母材料として特に選抜したものであり、SGL-9, SGL-16, SGL-17 のように半径方向の変動パターンが特異な個体も加えた。

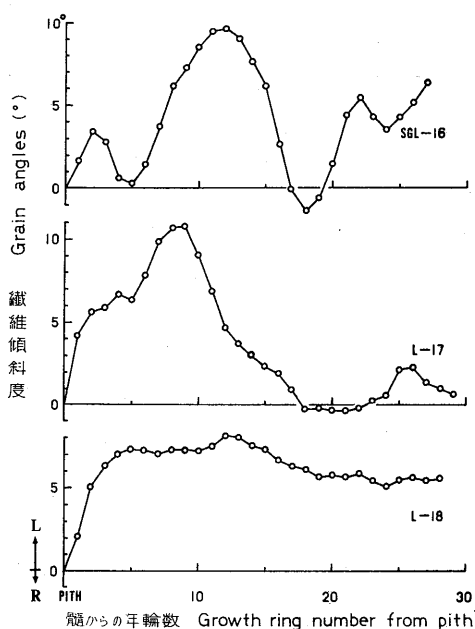
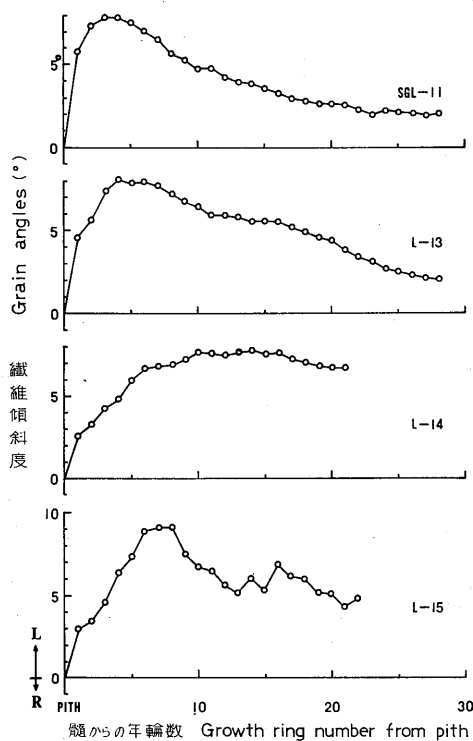


Fig. 10-4

Fig. 10-3

Ⅶ 選抜個体の検定ならびに2次選抜が可能になる年齢

育種計画を進める上で、選抜個体の検定に要する期間が短ければ短いほど計画が効率よく進められ、一定期間内の累積効果が大きくなる。壮老齢木を対象にした選抜では、最大繊維傾斜度と平均繊維傾斜度を調べ、より望ましい個体を選ぶべきだと述べたが、選抜個体の検定では、子供群の平均繊維傾斜度を長期間かけて確定するよりも、最大繊維傾斜度だけで検定した方が、精度は多少おちるが検定期間が短縮されるので、それによる利益ははるかに大きい。

繊維傾斜度に関する次代検定では、すべての選抜個体をこまかく評価する必要がなく、繊維傾斜度の小さい子供群を生産する親だけをなるべく早い時期に見つけ出せばよい。また、子供群の中から望ましい親となる個体を2次選抜する場合は、それらが伐期齢になっても小さい繊維傾斜度をもつ可能性が高いことを推定できればよい。

以下は、子供群から円板を採取して検定または2次選抜をする場合、何年生ぐらいになったら可能であるかを、和田山国有林と常和区有林の全調査木の年輪別資料を用いて検討した結果である。

Table 5 は、若い年輪の繊維傾斜度と、伐期齢までの年輪の最大繊維傾斜度との相関係数である。2年から10年までの年輪ごとの値では、相関係数は0.7以下であるが、各年輪までの最大値をとると6年輪めまでで0.8前後になる。常和区有林の例では、8年輪めまでをとると0.9以上になる。これは、Fig. 11に示されるように、多くの個体はごく若い年輪（2～4年）で最大繊維傾斜度を示すからである。Fig. 12～13は、最大繊維傾斜度を示した個体の累積頻度を表わしたものである。全調査木のうち80%以上の個

Table 5. 全年輪を通じての最大繊維傾斜度と10年輪までの繊維傾斜度との相関係数

Correlation coefficients between maximum grain angles among all of the growth rings in a disk and grain angles of a certain growth ring or the maximum values up to the designated growth ring in juvenile wood

	相 関 係 数 Correlation coefficient	
	WADAYAMA (193 trees)	TOKIWA (165 trees)
2nd growth ring	0.44	0.51
3rd growth ring	0.62	0.64
4th growth ring	0.69	0.63
6th growth ring	0.68	0.65
8th growth ring	0.66	0.69
10th growth ring	0.68	0.67
Max. up to 2nd growth ring	0.44	0.51
Max. up to 3rd growth ring	0.67	0.69
Max. up to 4th growth ring	0.72	0.76
Max. up to 6th growth ring	0.76	0.82
Max. up to 8th growth ring	0.77	0.92
Max. up to 10th growth ring	0.78	0.92

体が最大繊維傾斜度を示すのは、和田山国有林では24年輪め、常和区有林では9年輪めであった。しかし、最大繊維傾斜度の小さいグループについて見ると、5年輪めまでに75～90%、6年輪めまでに85～90%の個体が最大繊維傾斜度を示した。このように、壮老齢になっても繊維傾斜度の小さい個体の多くは、ごく若い年輪で最大値を示す。したがって、若い年齢で小さい繊維傾斜度をもち、しかも最大値を示したであろうと推定できる個体を選べば、それらの多くは伐期齢になっても繊維傾斜度の小さい個体である。

繊維傾斜度が最大値を示したかどうかを確かめるためには、その後の年輪の繊維傾斜度が減少傾向にあることを見きわめなければならないので、最大値を示す個体が80%以上になる年輪に、さらに3～4年輪を加える必要がある。また、胸高位置から円板を採取するとすれば、その高さに達するまでの年輪も加えなければならない。これらを総合すると、樹齢が8～10年になれば、繊維傾斜度の小さい個体および系統を見わけることができる。

つぎに、植栽後8～10年を経過した集団で、繊維傾斜度の検定または選抜を行なった場合、どの程度の確からしきで実行できるかを検討した。Fig. 14 は6年輪までの

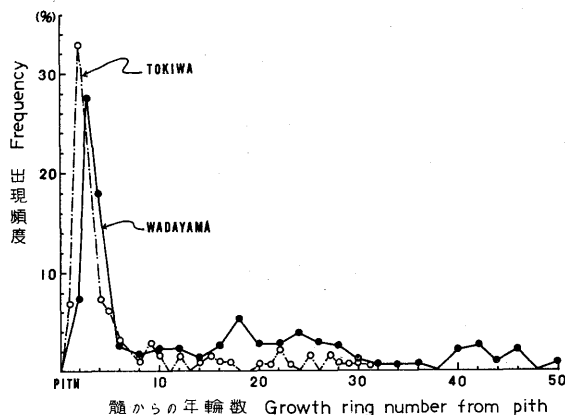


Fig. 11 最大繊維傾斜度を示す個体の年輪別出現頻度
Frequency of trees showing maximum grain angles in a certain growth ring from pith.

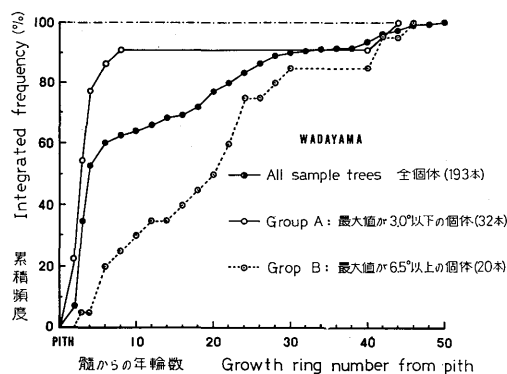


Fig. 12 繊維傾斜度が最大値を示した個体の累積頻度 (和田山)

Frequency of trees showing maximum grain angles up to a certain growth ring from pith: Group A includes 32 trees having maximum value of less than 3.0° , and Group B includes 20 trees having maximum value of more than 6.5° .

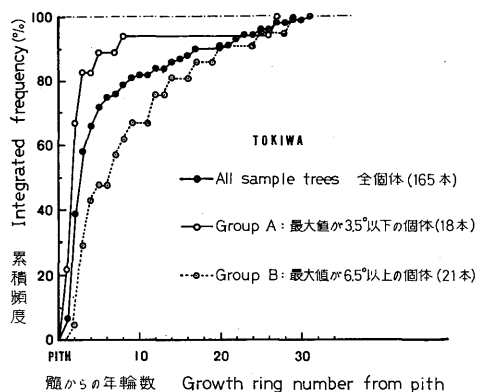


Fig. 13 繊維傾斜度が最大値を示した個体の累積頻度 (常和)

Frequency of trees showing maximum grain angles up to a certain growth ring from pith: Group A includes 18 trees having maximum value of less than 3.5° , and Group B includes 21 trees having maximum value of more than 6.5° .

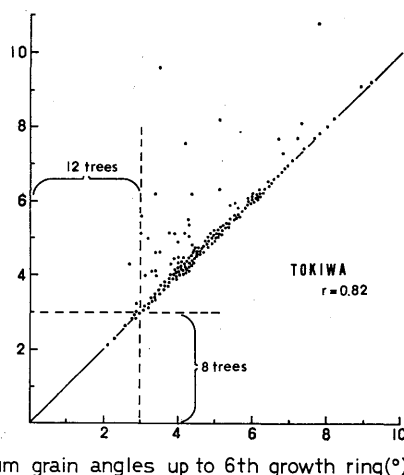
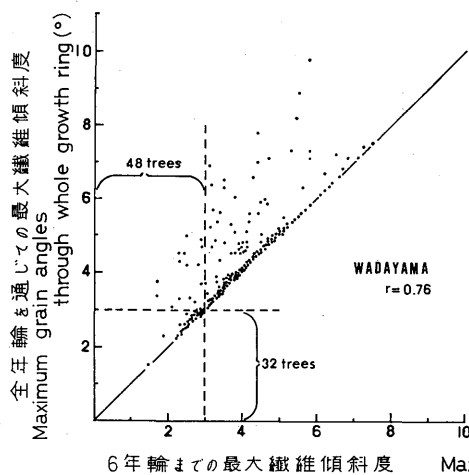


Fig. 14 全年輪を通じての最大繊維傾斜と6年輪までの最大値との関係

Relationship between maximum grain angles through whole growth ring and maximum grain angles up to 6th growth ring.

最大繊維傾斜度と、伐期齢までの最大繊維傾斜度との関係を示したものである。6年輪まで 3.0° 以下の値をもつ個体の出現数は、和田山国有林の例では48本、常和区有林の例では12本であった。このうち、繊維傾斜度が逐年的に増加している個体や、減少傾向のはっきりしない個体 (和田山国有林で7本、常和区有林で2本) は、最大繊維傾斜度を示したと判定できないので除くと、和田山国有林では41本、常和区有林では10本の個体が選ばれることになる。これらの中で伐期齢になっても最大値が 3.0° 以下である個体は、それぞれ32本と8本であるから、選抜の確からしさは、和田山国有林の例では $(32/41) \times 100 = 78\%$ 、常和

区有林の例では $(8/10) \times 100 = 80\%$ になる。

以上の結果をまとめると、樹齡が8~10年になれば、約80%の確からしきで最大繊維傾斜度についての検定、または2次選抜が可能になる。残りの20%は、10年代以後50年代までの間で最大繊維傾斜度を示す個体であるから、この方法では、時間が経過しない限り除くことができない誤差である。しかし、80%程度の確からしきがあれば、事業的には十分進め得ると考える。

VIII 繊維傾斜度に関する選抜効果の推定

針葉樹の繊維傾斜度についての遺伝情報はきわめて少なく、しかもマツ属に限られている。ラジアータマツの繊維傾斜度は、相加的遺伝分散の割合が大きく、選抜による改良効果が大きい¹⁰⁾¹⁸⁾。一方、テーダマツの遺伝分散は非相加的なもので、相加的遺伝分散は無視できるぐらい小さい²¹⁾。これらは、繊維傾斜度の遺伝について全く対立する例である。また、環境の影響が大きいとする報告も少なくない⁴⁾¹⁴⁾¹⁷⁾。しかし、由来のはっきりした材料を用いて試験した結果では、ほとんどの場合、遺伝的に支配されることの方が大きい²⁾⁶⁾⁷⁾¹¹⁾¹⁸⁾²¹⁾。

カラマツの繊維傾斜度がどのような遺伝をするかは、交配家系や母樹別家系をしらべた例がないので明らかでない。しかし、8~9年生の精英樹クローンを用いて推定した広義の遺伝率は、最大繊維傾斜度で0.49であった⁹⁾。これは、ラジアータマツのクローンで求めた値¹⁰⁾にほぼ等しい。また、調査した80クローンを平均値の大きさの順に並べると、テーダマツの例²¹⁾に見られるような不連続性はなく、クローン間差は連続的であった。これらを考え合わせると、カラマツの繊維傾斜度の遺伝はラジアータマツの例に近いと思われる。

以下は、カラマツの繊維傾斜度の遺伝分散の大部分が相加的であると仮定し、いくつかの選抜条件を考え、採種園方式で育種を進めた場合の改良効果を推定したものである。

調査した2林分の資料とクローンで推定した広義の遺伝率、およびラジアータマツで推定されている狭義の遺伝率をもとにして、遺伝獲得量を次式で推定した。

$$\text{遺伝獲得量 (AG)} = \bar{i} \times s \times h^2$$

この式で、 $\bar{i}$ は標準化された選抜差、 s は調査林分の標準偏差、 h^2 は狭義の遺伝率である。2林分の調査結果から、選抜基準にあう個体の出現率は3~7%であることがわかったので、選抜強度が5%と10%の切断型の選抜を行なった場合を考えて見る。この時の $\bar{i}$ はそれぞれ2.06と1.75である。 s はTable 1の最大繊維傾斜度の標準偏差1.43と1.42を用いた。狭義の遺伝率の推定値はないので、広義の遺伝率0.49とラジアータマツの例⁹⁾¹⁸⁾をもとにして、0.40と0.45を想定した。

Table 6 は、上の条件で推定した遺伝獲得量である。遺伝率が0.40で選抜強度が5%ならば、次代集団の最大繊維傾斜度は約1.2°だけ小さくなる。選抜強度が10%ならば約1.0°小さくなる。和田山国有林の林分平均値は4.5°であるから、この中から繊維傾斜度の小さい方の5%部分に属する個体を全部選抜して、次代集団の親にしたと仮定すれば、最大繊維傾斜度の次代集団平均値は3.3°となり、約27%の獲得量になる。常和区有林の場合は林分平均値が高いので、同じ条件で選抜しても、次代集団の平均値は3.9°にとどまる。遺伝率を0.45に想定すると、5%と10%の選抜強度で、それぞれ26~30%と22~26%程度の獲得量が期待される。

以上は、選抜によって次代集団の平均値が、選抜世代の集団の平均値に比べてどのぐらい動くかを、両

Table 6. 集団選抜による遺伝獲得量
Estimates of genetic gain through mass selection

選 抜 強 度 Selection intensity	林 分 Stand	遺 伝 獲 得 量 Genetic gain	
		$h^2 = 0.40$	$h^2 = 0.45$
5%	WADAYAMA TOKIWA	(°) (%) -1.18 (26.8)	(°) (%) -1.33 (30.1)
		-1.17 (22.9)	-1.32 (25.8)
10%	WADAYAMA TOKIWA	-1.00 (22.8)	-1.13 (25.6)
		-0.99 (19.8)	-1.12 (21.9)

h^2 : Assumed narrow-sense heritability

Table 7. 遺伝率および選抜強度と次代における希望型の割合
(明峰¹⁾より抜粋)

Ratio of the desirable trees qualifying for the selection criteria in subsequent generation corresponding to the different selection intensity and heritability values: an extract from the table prepared by AKEMINE (1958)

遺 伝 率 Heritability	選 抜 強 度 Selection intensity (%)			
	1	5	10	20
0.05	1.1%	5.2%	10.3%	22.0%
0.10	2.0	7.5	13.4	24.2
0.20	3.6	10.9	17.5	28.7
0.30	6.3	15.2	22.5	33.7
0.40	10.4	20.6	28.1	38.9
0.50	16.0	27.0	34.3	44.4

者の平均値の差によって示したものである。前にもふれたように、繊維傾斜度は材のねじれやその他の欠点に関係する因子として、利用上の限界値がきめられている。したがって、次代集団の平均値で遺伝的進歩を示すよりも、希望型¹⁾(この場合は3°以下の最大繊維傾斜度をもつ個体)がどのぐらいの割合で次代集団に含まれるかを示した方が、利用上の具体的な指標になる。

Table 7 は、次代における希望型の割合を、遺伝率と選抜強度から計算したものである(明峰1958より抜粋)。遺伝率が0.40で選抜強度が5%の場合は、希望型の割合は約21%である。最大繊維傾斜度だけを基準にすれば、林分によっては10%を越える選抜強度になるので、次代集団には約30%の希望型が含まれる。著者らが産地別カラマツ集団を調べた例⁷⁾では、非常に特異な例であるが、日光野州原産は3.0°以下の最大繊維傾斜度をもつ個体を20%含んでいた。もし、このような集団を対象に選抜したとすれば、次代集団における希望型の割合は40%近いものになる。

この項で示した数値あるいは論議の根拠は、繊維傾斜度の遺伝変動量の大部分が相加的であると仮定した上のものである。もし遺伝率が低ければ、選抜による効果はあまり期待できない。たとえば、選抜強度が5%で遺伝率が0.10ならば、次代集団における希望型の割合は7.5%にすぎない。遺伝率が0.2としても11%どまりである。また、少数の対立遺伝子によって支配されているならば(今までの資料からは考えにくい)、採種園方式では改良効果は期待できない。この場合は、繊維傾斜度の小さい子供群をうみ出す

母樹の組合せを見つけ、遺伝的改良をはかることになる。母樹能力の評価に要する期間は、前に述べたように10年ぐらいである。

IX ま と め

ねじれの少ない材を生産するカラマツの育種を進めるために、ねじれと関係が深い繊維傾斜度を取り上げ、個体間および林分間変動、育種母材料として望ましい個体の選抜方法、次代検定または2次選抜が可能になる年齢、選抜効果を検討した。同時に、繊維傾斜度の小さい個体27本と大きい個体17本を選抜し、ツギキ増殖した。調査林分は、長野県小県郡和田村上田営林署和田山国有林と同県佐久市常和区有林の2林分で、それぞれ193個体と165個体から円板を採取して、割裂法によって年輪ごとの繊維傾斜度を測定した。調査および検討結果をまとめると、次のとおりである。

1) 繊維傾斜度は個体によってさまざまな変動パターンを示すが、繊維傾斜度の小さい個体を選抜するのであれば、円板内の最大値と平均値を知るだけで十分である。最大値と平均値は高い相関関係($r=0.73\sim0.85$)にあるので、最大値だけでも選抜できるが精度は少し落ちる。現地調査では平均値を求める時間的余裕がないので、割裂線の基準線からのずれを観察するにとどまるが、それでも十分目的が達せられる。

2) 最大繊維傾斜度の個体間変動幅は、和田山国有林と常和区有林で、それぞれ $1.5^{\circ}\sim9.8^{\circ}$ および $2.1^{\circ}\sim10.8^{\circ}$ であった。平均繊維傾斜度は、それぞれ $0.6^{\circ}\sim6.9^{\circ}$ および $0.6^{\circ}\sim6.4^{\circ}$ であった。前者は54年生の主伐木集団であり、後者は31年生の間伐木集団であったが、変動幅に大きな差がなく、標準偏差はほとんど同じであった。このように、成長や樹形について利用上の選択が加えられた集団でも、繊維傾斜度については十分な変動を含んでいた。

3) 選抜基準を、最大繊維傾斜度が 3.0° 以下で、平均繊維傾斜度が 1.3° 以下のものとする、この基準にあう個体は和田山国有林で約7%、常和区有林で約3%出現した。林分によって繊維傾斜度の小さい個体の出現率が少し違うのと、調査もれなども考慮しなければならないが、一般の造林地では5%前後の選抜強度で、望ましい育種母材料を選ぶことができると考えてよい。その場合の選抜差は最大繊維傾斜度で 2.0° ぐらい、平均繊維傾斜度で 1.5° ぐらいである。

4) 2林分を調べた限りでは、繊維傾斜度と成長（樹高、胸高直径）との間に一定の関係があるとは認められなかった。また、枝下高および幹の形状比との関係についても、同様であった。

5) 全調査木（358本）の年輪別資料を用いて、次代検定または子供集団から2次選抜が可能になる年齢を推定した。この場合、平均繊維傾斜度を確定するには長期間を要するので、最大繊維傾斜度だけで検定または選抜することになる。繊維傾斜度の小さい個体のほとんどは、髓から2～4年輪めまでに最大値を示すので、この期間に 3° 以下の値をもち、その後年輪増加とともに値が小さくなる個体をえらべば、その約80%は利用伐期齢になっても、小さい繊維傾斜度をもつ個体である。したがって、胸高円板を調べるとすると、胸高位に達する年齢+最大値を示す年輪（2～4年）+最大値を示したかどうかを判定するための年輪（3～4年）=8～10年生であれば、約80%の確からしさで繊維傾斜度の小さい系統または個体の評価が可能になる。

6) 既往の資料から、カラマツの繊維傾斜度に関する狭義の遺伝率を0.40と0.45とに想定し、集団選抜による遺伝獲得量を試算した。遺伝率が0.40で選抜強度が5%ならば、次代集団の最大繊維傾斜度は 1.2°

(23~27%) だけ小さくなる。選抜強度が10%ならば約 1.0° (20~23%) 小さくなる。遺伝率が0.45の場合は、それぞれ -1.3° (26~30%) と -1.1° (22~26%) の獲得量になる。また、次代集団に含まれる希望型 (3° 以下の最大繊維傾斜度をもつ個体) の割合は、遺伝率が0.40で選抜強度が5%の場合で約21%、遺伝率が0.40で選抜強度が10%の場合は約30%である。

文 献

- 1) 明峰英夫：育種数値表解説「植物の集団育種法」，養賢堂，東京，(1958)
- 2) CHAMPION, H. G.: Second interim report on the progress of investigations into the origin of twisted in *Pinus longifolia* Roxb. Indian Forester, **56**, 511~520, (1930)
- 3) 加納 孟・中川伸策・斎藤久夫・小田正一：カラマツの用材品質について (I) 用材品質におよぼす立木素材および角材の条件，林試研報，162, 1~44, (1964)
- 4) 加納 孟・中川伸策・斎藤久夫・小田正一・重松頼生：カラマツの用材品質について (II) 用材品質におよぼす立地条件の影響，林試研報，182, 113~147, (1965)
- 5) 加納 孟・斎藤久夫：木材の繊維走向の新しい測定法，木材誌，**11**, 33~35, (1965)
- 6) 三上 進・渡辺 操・太田 昇：カラマツの繊維傾斜度におけるクローン間変動，日林誌，**54**, 213~217, (1972)
- 7) 三上 進・長坂寿俊：カラマツの繊維傾斜度とタネの産地，日林誌，**56**, 228~230, (1974)
- 8) 中川伸策：カラマツ樹幹内における旋回木理の分布とその出現型，林試研報，248, 97~120, (1972)
- 9) NICHOLLS, J. W. P., H. E. DADSWELL and J. M. FIELDING: The heritability of wood characteristics of *Pinus radiata*. Silvae Genetica, **13**, 68~71, (1964)
- 10) NICHOLLS, J. W. P.: Preliminary observation on the change with age of the heritability of certain wood characters in *Pinus radiata* clones. Silvae Genetica, **16**, 18~20, (1967)
- 11) NICHOLLS, J. W. P.: The effect of environment factors on wood characteristics. (2) The effect of thinning and fertilizer treatment on the wood of *Pinus pinaster*. Silvae Genetica, **20**, 67~73, (1971)
- 12) NICHOLLS, J. W. P.: Preferred methods for the investigation of spiral grain. Proc. Meeting of Section 41, IUFRO, Gainesville, Florida, (1971)
- 13) 大倉精二：樹幹における繊維回旋の現われ方，信大農紀要，**8**, 59~100, (1958)
- 14) 大倉精二：回旋生長の原因について，信大農演報，**2**, 1~65, (1960)
- 15) 大倉精二・小沢勝治：木材のねじれ狂い (II)，木材誌，**8**, 105~108, (1962)
- 16) 小沢勝治：カラマツ一林分 (東北地方) における回旋木理の現われ方，日林誌，**54**, 269~274, (1972)
- 17) 小沢勝治：カラマツ一林分 (中部地方) における回旋木理の現われ方，日林誌，**55**, 221~226, (1973)
- 18) FEDERICK, L. A.: Inheritance of spiral grain in young radiata pine. Proc. Meeting of Section 41, IUFRO, Gainesville, Florida, (1971)
- 19) 重松頼生・安本善次：カラマツの材質試験 (I) 回旋木理と収縮率の樹幹内分布，19回日林中文講，92~94, (1970)
- 20) VITÉ, J. P.: Über die transpirationsphysiologische Bedeutung des Drehwuchses bei Nadelhölzern. Forstw. Centr., **77**, 193~203, (1958)
- 21) ZOBEL, B., R. W. STONECYPHER and C. BROWNE: Inheritance of spiral grain in young loblolly pine. For. Sci., **14**, 376~379, (1968)

**Selection for Minimizing Spiral Grain in *Larix*
leptolepis GORD.**

Susumu MIKAMI⁽¹⁾ and Kazutosi NAGASAKA⁽²⁾

Summary

The Japanese larch (*Larix leptolepis* GORD.) produce less useful wood as construction materials. The lumber of the larch trees from plantations often presents such serious defects as splitting and twisting, especially when trees are young. It is generally agreed that the spiral grain is an important variable which causes twisting of board and squared lumber. In the present paper tree-to-tree variation in spiral grain, selecting method, possibility of shortening test period and genetic gain through mass selection are discussed.

The spiral grain on disks taken from 358 trees in the following two plantations was examined by splitting method:

1) WADAYAMA state forest, near Ueda, Nagano prefecture.

Number of trees examined: 193
Tree age (years) : 54
Average tree height (m) : 23.9
Average D.B.H. (cm) : 32.0

2) TOKIWA municipal forest, near Saku, Nagano prefecture.

Number of trees examined: 165
Tree age (years) : 31
Average tree height (m) : 15.7
Average D.B.H. (cm) : 19.8

A large number of trees showed the spiral pattern first being left spiral and then gradually decreasing to the datum-line, and their detailed radial variation patterns differed from tree to tree. However, despite the diversity of variation patterns, selection of the desirable trees showing low grain angles or straight grain could be carried out on the simple criteria of the maximum grain angle and average grain angle in the same disks, regardless of radial variation patterns.

The variation of the maximum grain angles ranged among trees from 1.4° to 9.8° in WADAYAMA and from 2.1° to 10.8° in TOKIWA. Average grain angles ranged from 0.6° to 6.9° in the former locality and 0.6° to 6.4° in the latter. The values of standard deviation of maximum grain angles in two populations were exactly the same, although the population averages slightly differed from each other. The disks for this study were taken from the trees in a finally cut stand in WADAYAMA and rogued trees in a thinned stand in TOKIWA. Therefore, the above-shown results appear to indicate that even the trees felled in thinning, being negatively selected for growth rate or tree form, do have sufficiently large variation in spiral grain, and that this situation allows the selection of the desirable trees simply regarding spiral grain in any larch stand being felled in an appropriate season to collect scions for

Received January 8, 1975

(1) Silviculture Division

(2) Kanto For. Tree Breed. Sta., Mito, Ibaraki

propagation.

In the case that the selection criteria prescribe less than 3.0° of maximum grain angles and less than 1.3° of average grain angles, so as to ensure the supply of lumber useable in construction works, trees qualifying for the criteria appear in frequency of about five per cent.

Correlation coefficients between grain angle and tree height or diameter at breast height were remarkably low ($r=0.06\sim 0.10$). In the scope of 358 trees from two populations, the magnitude of grain angle does not seem to be influenced by the difference in the growth rate.

The data of radial variation in grain angles from pith to periphery indicated that the observation for a period of about ten years is enough for making evaluation of an individual in this trait.

The information on the genetic variance of spiral grain in Japanese larch is limited to only one by MIKAMI *et al.* (1972), who examined 400 ramets of 80 clones and obtained gross heritability 0.5 for the maximum grain angles. And it was also found that the variation among clones was continuous, when their values were arranged in an array by their magnitude. This is unlike the case of *Pinus taeda*²⁰⁾ which demonstrated an apparently discontinuous variation among families and negligible contribution of additive genetic component to total genetic variance. The mode of inheritance of spiral grain in Japanese larch could be assumed to be similar to that in *Pinus radiata*, in which additive genetic variance occupied a large part of total genetic variation. Under these estimated and assumed conditions, genetic gain was provisionally estimated. If heritability value were 0.4 and selection intensity were 5.0%, the maximum grain angles of subsequent generation through bulk propagation of selected individuals would be reduced by 1.2° in population average. And the desirable trees qualifying for the selection criteria would appear in frequency of about 25% in subsequent generation.