

高齡カラマツにおける樹幹内の繊維傾斜度の分布パターンについて

織 田 春 紀

Haruki ORITA :Developing Pattern of Spiral Grain in
Stem of Old-aged Larch, *Larix kaempferi* (Lamb.)Carr., *L. decidua* Miller, *L. gmelini* (Rupr.)KUZENEVA var. *japonica* (Maxim. ex Reg.) Pilger

要旨：本研究は、高齡のカラマツ類（樹齡58年～85年）を用いて、樹幹内の繊維傾斜の分布パターンを樹幹解析と併せて調査した。成長にともなう樹冠の発達と移動による樹幹の材形成と繊維傾斜の関係、繊維傾斜度の個体評価について若干の知見が得られた。

高齡化とともに繊維傾斜度が樹冠内で形成される未成熟材では高くなり、枝下部で形成される成熟材では繊維傾斜度が低下すること、また太い枝が着生する材部の繊維傾斜度が高くなることを的確に把握することができた。さらに、未成熟材および成熟材の繊維傾斜度に有意な個体間差が認められた。これらの知見は、カラマツの長伐期化による材質の向上に、また繊維傾斜度の個体評価に有効な示唆を与えるものとする。

目 次

I はじめに	28
II 供試材料	28
III 方 法	30
1 樹幹解析	30
2 繊維傾斜度	30
IV 結果および考察	41
1 成長と繊維傾斜度の動態	41
2 樹幹内の繊維傾斜度の分布	48
3 個体間の繊維傾斜度の違い	51
V おわりに	54
引用文献	54
Summary	55

I はじめに

一般に、カラマツ (*Larix kaempferi* (Lamb.) Carr.) 材は乾燥に伴うねじれが大きな欠点とされ、特に間伐材のような若いカラマツ材はねじれ量が大きく、この材質上の欠点が間伐が不振となる原因の一つとされていた。このため1980年より5か年計画で、ねじれの少ない個体を選抜する「からまつ材質育種事業」が、北海道、東北及び関東の各国立林木育種場で実施された。一方、国有林野等のカラマツ材生産事業体では、伐期の延長により材質の向上を目指す動きがあり、長伐期化により材質がどれほど改善されるかが課題となっていた。選抜育種を行う関係者も、年齢に伴うねじれの変化、最適な選抜樹齢および個体の代表値の測定位置が課題となっていた。そこで、高齢のカラマツを材料とし、ねじれ量と正の相関が認められる繊維傾斜度の樹幹内の変化を調べることが、これらの課題に答える一つの有効な方法と考えられた。これについては、小沢⁴⁾、三上²⁾らがそれぞれ45年生および26年生のカラマツについて、樹幹内の繊維傾斜度の変化を調べている。筆者はさらに高齢のカラマツを主体に、ヨーロッパカラマツ (*Larix decidua* Miller) およびグイマツ (*Larix gmelini* (Rupr.) KUZENEVA *japonica* (Maxim. ex Reg.) Pilger) を含む樹齢58年~85年生の人工林材を用いて、5年輪ごとの樹幹解析と同時に同じ測点で繊維傾斜度を測定し、成長にともなう樹冠(枝葉)の発達と移動による樹幹の材形成と繊維傾斜の関係について若干の知見を得たので報告する。なお、材料の提供にご尽力下された元北海道宮林局計画課の広瀬勝美、安達暁夫、渡辺淳の諸氏、並びに厚賀宮林署の関係各位に深く感謝します。

II 供試材料

供試木の樹齢、胸高直径、樹高および採取地をTable 1に示す。供試木には、札幌事業区の野幌国有林から1910年植栽のカラマツ3本(K1, K2およびK3)、1909年植栽のカラマツ3本(K4, K5およびK6)、また余市事業区(旧札幌事業区)の小樽に所在する樹木園から1900年植栽のヨーロッパカラマツ(D)およびグイマツ(G)各1本、厚賀事業区内の新和にあるトドマツ採種園の保護帯から1931年植栽の成長良好なカラマツ1本(KC)を伐倒し用いた。伐倒時期は、K1~K6、DおよびGの供試木8本は1982年、KCは1989年である。伐倒時のこれら供試木の樹齢は、K1~K3は73年、K4~K6は74年、DおよびGは85年、KCは58年であり、それぞれ高齢カラマツの代表木と考えられる。

Table 1. 供試木の概要
Outline of the materials

樹種 Species	供試木の名称 Tree name	樹齢 Age (years)	樹高 Tree height	胸高直径 D.B.H.	植栽年 Year planted	採取林分 Stand collected
カラマツ Japanese larch	K 1	73	25.6m	40.0cm	1910	札幌事業区41る-27 Sapporo Nat. forest 41ru-27
	K 2	73	25.0	30.0	1910	" "
	K 3	73	26.5	36.5	1910	" "
	K 4	74	23.5	34.0	1909	札幌事業区41る-37 Sapporo Nat. forest 41ru-37
	K 5	74	22.0	34.3	1909	" "
	K 6	74	24.3	33.9	1909	" "
	K C	58	29.0	44.0	1931	厚賀事業区71イ Atuga Nat. forest 71i
ヨーロッパカラマツ European larch	D	85	23.2	43.5	1900	余市事業区1183へ Yoichi Nat. forest 1183he
グイマツ Kurile larch	G	85	17.8	32.1	1900	余市事業区1183へ Yoichi Nat. forest 1183he

注1, 胸高直径および樹齢は樹幹解析による調査結果である。

D.B.H. and age were estimated by stem analysis

注2, 札幌事業区41る-37はカラマツとヨーロッパトウヒが混植された人工林である。

Sapporo Nat. forest 41ru-37 stand is man-made forest which planted mixing Japanese larch and Norway spruce

注3, K Cは成長量の大きな個体である。

KC is the large growth tree

III 方法

繊維傾斜度の測定および樹幹解析のための円板の採材は、Fig. 1のとおり行なった。

1 樹幹解析

樹幹解析は、Fig. 1に示すように地上高0.3m, 1.3m, 3.3mと以下2m間隔に円板を採材し、これら円板を帯鋸で挽き直し、その木口を円盤式かな機でかな搔けして木口面を平滑にし、この木口面の年輪を複写機で用紙にコピーした。このコピー紙を用いて、パソコンとオンライン化したデジタイザ(座標読みとり装置)で、5年ごとの年輪の位置を4方向に読みとり、パソコンにより樹幹解析を行った。用いたソフトは、N88日本語BASIC (MS-DOS版)でオリジナルに作成したものである。なお参考資料として、地上高および年輪別の半径の測定データをFig. 2に示す。

2 繊維傾斜度

繊維傾斜の測定は、Fig. 1に示すように樹幹解析と同じ位置に相当する円板試料を用い、Fig. 3に示す割裂法により行った。採材した円板を帯鋸で厚さ10cmに加工し、両木口に樹芯を通り互いに平行な一対の基準線を引き、末口の基準線に沿って両刃のナタをあて、加撃して元口へ割裂させた。つぎに、元口面に生じた割裂線と基準線の距離を樹幹解析に対応した5年輪ごとに0.1mm単位で測定した。この距離と円盤の厚さの比の百分率を、繊維傾斜度とした。なお各年輪の繊維傾斜度は、基準線上の両半径方向の値を平均して求めた。測定にあたり、割裂面(元口)を複写機でコピーし、このコピー紙を用いて、パソコンとオンライン化したデジタイザで距離を測定した。なお、繊維傾斜度の各年輪の測定位置は、樹幹解析と対応した位置である。また、個体により円板の腐朽および節等の欠点により繊維傾斜度の測定困難なものがあり、必ずしも予定した全地上高の繊維傾斜度を測定できなかった。なお参考資料として、地上高および年輪別の繊維傾斜度の測定データをFig. 4に示す。

地上高1.3mから2.0m間隔に円板試料を採材
Bucking disk at intervals of 2.0m above ground 1.3m

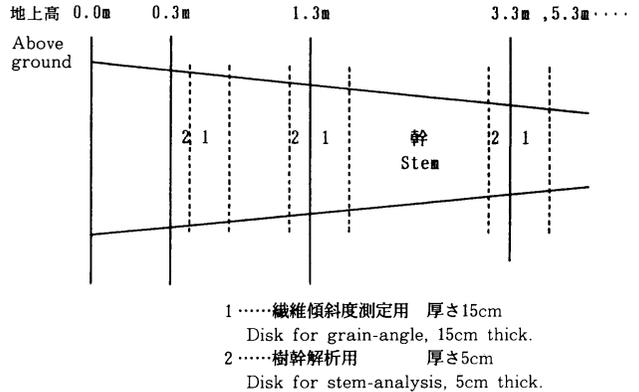


Fig.1. 円板試料の採材
Bucking of disk

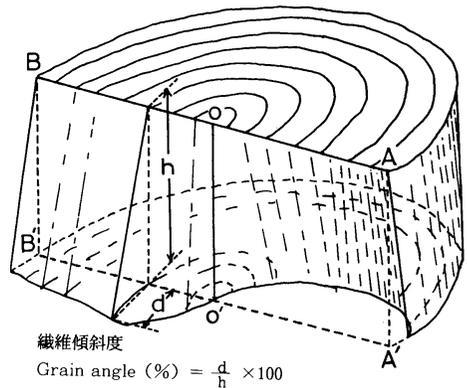


Fig. 3. 割裂法による繊維傾斜度の測定模式図
Grain-angle determination by splitting method

***** シュユカン カイセキ *****
レコード* ハンコウ B: Jノツボ* ロL1.DAT
シュユシュ カラマツ
サンチリンファン サツボ* ロ41
シュユレイ 73 ネン
シュユコウ 25.6 m

Tree K 1

地上高 Height (m)

Annual ring 年輪	チシ* ヨウコウヘ* ツ ネンリンハンケイヒョウ														
	0.0	0.3	1.3	3.3	5.3	7.3	9.3	11.3	13.3	15.3	17.3	19.3	21.3	23.3	25.3
5	1.6	1.3	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	6.3	6.0	4.9	3.2	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
15	11.4	10.7	8.5	7.3	5.9	4.1	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20	15.4	14.3	10.7	9.6	8.5	6.9	5.3	2.9	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
25	17.4	16.2	12.0	11.0	9.7	8.3	7.0	5.1	3.3	1.5	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
30	18.8	17.5	13.0	12.0	10.8	9.5	8.3	6.9	5.1	3.4	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0
35	19.7	18.4	13.8	12.7	11.6	10.4	9.2	8.0	6.4	4.6	2.9	0.8	0.0	0.0	0.0
40	20.3	19.0	14.5	13.3	12.2	11.1	10.1	9.0	7.5	5.8	4.0	2.2	0.2	0.0	0.0
45	20.7	19.4	15.0	13.9	12.7	11.7	10.8	9.8	8.5	7.1	5.5	3.9	1.8	0.0	0.0
50	21.1	19.8	15.5	14.4	13.3	12.2	11.5	10.8	9.6	8.2	6.7	5.1	2.9	0.8	0.0
55	21.9	20.6	16.3	15.0	13.9	12.9	12.2	11.5	10.4	9.0	7.5	5.9	3.7	1.7	0.0
60	22.4	21.1	16.9	15.6	14.5	13.4	12.8	12.1	11.0	9.7	8.2	6.8	4.4	2.5	0.0
65	23.6	22.2	17.6	16.1	15.0	13.9	13.3	12.7	11.5	10.2	8.7	7.5	5.0	3.1	0.0
70	25.1	23.6	18.4	16.7	15.4	14.3	13.6	13.0	11.8	10.5	9.0	7.9	5.4	3.4	0.3
73 1)	26.0	24.4	19.0	16.9	15.7	14.5	13.8	13.2	12.1	10.7	9.2	8.1	5.6	3.7	0.5
73 2)	27.0	25.4	20.0	17.9	16.7	15.3	14.7	14.2	12.8	11.4	9.8	8.8	6.1	4.0	0.6

- 1) Inside bark
2) Outside bark

***** シュユカン カイセキ *****
レコード* ハンコウ B: Jノツボ* ロL2.DAT
シュユシュ カラマツ
サンチリンファン サツボ* ロ41
シュユレイ 73 ネン
シュユコウ 25.0 m

Tree K 2

Annual ring 年輪	チシ* ヨウコウヘ* ツ ネンリンハンケイヒョウ													
	0.0	0.3	1.3	3.3	5.3	7.3	9.3	11.3	13.3	15.3	17.3	19.3	21.3	23.3
5	0.9	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	3.9	3.1	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
15	7.9	7.2	4.8	3.4	1.7	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20	9.5	9.0	7.4	6.6	5.4	4.1	2.5	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
25	10.3	9.9	8.5	7.9	7.0	5.9	4.7	3.4	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
30	11.0	10.6	9.2	8.6	7.7	6.7	5.7	4.5	3.1	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0
35	11.5	11.1	9.7	9.3	8.4	7.5	6.7	5.7	4.6	3.4	1.9	0.3	0.0	0.0
40	12.0	11.6	10.3	9.9	9.0	8.1	7.5	6.6	5.7	4.7	3.5	2.0	0.2	0.0
45	12.4	12.0	10.7	10.3	9.4	8.6	8.0	7.3	6.4	5.6	4.5	3.2	1.7	0.0
50	12.9	12.5	11.3	10.8	9.9	9.2	8.5	7.9	7.1	6.5	5.5	4.4	3.0	0.8
55	13.7	13.3	11.9	11.4	10.5	9.7	9.1	8.6	7.8	7.2	6.2	5.2	3.8	2.0
60	14.6	14.1	12.5	11.9	11.1	10.2	9.7	9.3	8.4	7.8	6.7	5.7	4.4	2.8
65	15.4	14.9	13.1	12.5	11.5	10.7	10.1	9.7	8.9	8.3	7.1	6.0	4.7	3.1
70	15.8	15.3	13.6	12.9	11.9	11.0	10.4	10.0	9.2	8.6	7.5	6.2	4.9	3.4
73	16.1	15.6	13.9	13.1	12.1	11.2	10.5	10.1	9.3	8.8	7.6	6.3	5.0	3.5
73	17.5	16.9	15.0	14.2	13.0	12.2	11.4	11.0	10.2	9.6	8.4	7.0	5.4	3.9

Fig. 2. 地上高別年輪別半径
Radiusii at different annual rings
and heights

***** シ ユカン カイセキ *****
レコード*ハンコウ B:Jノツボ*ロL3.DAT
シ ユシュ カラマツ
サンチリンフアン サツボ*ロ41
シ ユレイ 73 ネン
シ ユコウ 26.5 m

Tree K 3

年輪 Annual ring	地上高 Height (m)														
	0.0	0.3	1.3	3.3	5.3	7.3	9.3	11.3	13.3	15.3	17.3	19.3	21.3	23.3	25.3
5	2.5	2.1	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	7.8	7.2	5.0	3.6	1.9	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
15	10.5	10.0	8.6	6.9	5.9	4.5	2.5	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20	12.2	11.7	9.9	8.5	7.7	6.4	5.0	3.2	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
25	13.6	13.0	10.9	9.7	8.9	7.7	6.4	5.0	3.3	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
30	14.8	14.1	11.9	10.9	10.2	9.1	8.0	6.8	5.6	3.2	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0
35	16.1	15.4	12.8	11.9	11.2	10.1	9.1	8.2	6.9	5.0	3.1	0.8	0.0	0.0	0.0
40	16.8	16.0	13.4	12.5	11.9	10.9	9.9	9.1	7.9	6.1	4.6	2.3	0.2	0.0	0.0
45	17.6	16.9	14.2	13.3	12.7	11.6	10.6	10.0	8.9	7.3	6.1	4.0	1.8	0.0	0.0
50	18.3	17.5	14.8	13.9	13.4	12.2	11.4	10.8	9.8	8.2	7.2	5.2	3.4	1.1	0.0
55	19.0	18.2	15.4	14.5	13.9	12.7	12.0	11.3	10.4	8.8	7.9	6.2	4.6	2.3	0.2
60	19.5	18.7	15.8	14.9	14.4	13.2	12.4	11.7	10.8	9.3	8.5	6.8	5.4	3.1	0.9
65	20.0	19.1	16.3	15.3	14.8	13.6	12.7	12.2	11.2	9.7	9.0	7.3	5.9	3.7	1.5
70	20.6	19.7	16.8	15.8	15.2	13.9	13.1	12.5	11.5	10.0	9.3	7.6	6.2	4.0	1.9
73	21.0	20.1	17.1	16.0	15.4	14.2	13.3	12.7	11.7	10.2	9.5	7.8	6.4	4.3	2.1
73	22.5	21.5	18.3	17.3	16.4	15.2	14.3	13.7	12.6	11.0	10.2	8.4	7.0	4.8	2.5

***** シ ユカン カイセキ *****
レコード*ハンコウ B:Jノツボ*ロL4.DAT
シ ユシュ カラマツ
サンチリンフアン サツボ*ロ41
シ ユレイ 74 ネン
シ ユコウ 23.5 m

Tree K 4

年輪 Annual ring	地上高 Height (m)														
	0.0	0.3	1.3	3.3	5.3	7.3	9.3	11.3	13.3	15.3	17.3	19.3	21.3	23.3	
5	0.9	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	5.4	5.1	4.0	2.2	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
15	8.1	7.8	6.9	5.5	4.5	2.7	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20	10.0	9.7	8.8	7.7	6.7	5.4	3.9	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
25	11.7	11.4	10.3	9.3	8.3	7.2	5.9	4.2	2.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
30	12.9	12.6	11.4	10.6	9.6	8.6	7.6	6.5	4.6	2.4	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0
35	13.8	13.4	12.2	11.5	10.6	9.7	8.8	8.0	6.3	4.5	2.3	0.2	0.0	0.0	0.0
40	14.1	13.8	12.5	11.9	11.1	10.1	9.4	8.6	7.1	5.4	3.2	1.0	0.0	0.0	0.0
45	14.5	14.1	13.0	12.4	11.6	10.7	10.0	9.4	7.9	6.3	4.2	2.0	0.0	0.0	0.0
50	15.0	14.7	13.6	13.1	12.3	11.4	10.7	10.1	8.5	7.1	4.9	2.7	0.3	0.0	0.0
55	15.6	15.2	14.2	13.7	12.9	12.1	11.4	10.8	9.3	7.9	5.8	3.6	1.3	0.0	0.0
60	16.0	15.6	14.6	14.1	13.3	12.5	11.9	11.3	9.8	8.5	6.5	4.4	1.9	0.0	0.0
65	16.4	16.1	15.0	14.4	13.7	12.9	12.4	11.8	10.3	9.1	7.1	5.0	2.4	0.0	0.0
70	16.8	16.5	15.4	14.8	14.1	13.3	12.9	12.2	10.6	9.5	7.5	5.4	2.7	0.0	0.0
74	17.1	16.8	15.6	15.1	14.4	13.7	13.2	12.5	10.9	9.8	7.7	5.6	2.8	0.1	0.1
74	18.7	18.3	17.0	16.4	15.6	14.9	14.3	13.7	11.8	10.6	8.4	6.2	3.2	0.2	0.2

***** シ ユカン カイセキ *****
レコード ハンコウ B:Jノッホ* □L5.DAT
シ ユシュ カラマツ
サンチリンファン サッホ* □41
シ ユレイ 74 ネン
シ ユコウ 22.0 m

Tree K 5

年輪 Annual ring	チシ ヨウコウヘツ ネンリンハンケイヒョウ												
	0.0	0.3	1.3	3.3	5.3	7.3	9.3	11.3	13.3	15.3	17.3	19.3	21.3
5	1.3	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	5.1	4.9	4.2	2.4	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
15	6.9	6.7	6.2	4.9	3.3	2.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20	8.2	8.0	7.5	6.5	5.3	4.4	2.6	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
25	9.2	9.0	8.5	7.6	6.6	5.7	4.6	3.1	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0
30	10.5	10.3	9.5	8.5	7.7	6.9	6.0	4.8	2.8	0.7	0.0	0.0	0.0
35	11.4	11.1	10.3	9.4	8.6	7.8	7.2	6.2	4.7	2.6	0.3	0.0	0.0
40	11.8	11.5	10.7	9.7	9.0	8.2	7.6	6.7	5.5	3.5	1.3	0.0	0.0
45	12.4	12.1	11.2	10.1	9.4	8.8	8.2	7.3	6.3	4.5	2.4	0.4	0.0
50	13.2	12.9	11.9	10.8	10.0	9.4	8.8	7.9	6.9	5.3	3.1	1.1	0.0
55	14.3	14.0	12.8	11.6	10.7	10.2	9.4	8.5	7.5	5.8	3.7	1.7	0.0
60	15.3	14.9	13.7	12.3	11.4	10.8	10.0	9.1	8.1	6.5	4.4	2.2	0.0
65	16.3	15.9	14.5	13.1	12.0	11.4	10.6	9.6	8.7	7.0	4.8	2.6	0.4
70	17.3	16.9	15.2	13.7	12.6	11.9	11.0	9.9	9.1	7.2	5.0	2.8	0.6
74	18.6	18.0	16.0	14.4	13.2	12.5	11.5	10.3	9.4	7.4	5.3	2.9	0.7
74	19.9	19.3	17.2	15.8	14.3	13.6	12.3	11.0	10.0	8.0	5.7	3.3	0.8

***** シ ユカン カイセキ *****
レコード ハンコウ B:Jノッホ* □L6.DAT
シ ユシュ カラマツ
サンチリンファン サッホ* □41
シ ユレイ 74 ネン
シ ユコウ 24.3 m

Tree K 6

年輪 Annual ring	チシ ヨウコウヘツ ネンリンハンケイヒョウ													
	0.0	0.3	1.3	3.3	5.3	7.3	9.3	11.3	13.3	15.3	17.3	19.3	21.3	23.3
5	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	4.0	3.8	2.9	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
15	7.0	6.7	5.8	4.7	3.4	2.2	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20	9.0	8.7	7.7	6.7	5.6	4.7	3.3	1.5	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
25	10.4	10.1	9.1	8.2	7.3	6.5	5.3	3.8	2.2	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0
30	11.9	11.5	10.3	9.4	8.7	7.9	6.9	5.7	4.6	2.7	0.8	0.0	0.0	0.0
35	13.0	12.6	11.1	10.3	9.5	8.9	7.9	6.9	6.0	4.5	2.4	0.5	0.0	0.0
40	13.5	13.1	11.6	10.8	10.0	9.4	8.5	7.5	6.9	5.5	3.5	1.6	0.0	0.0
45	14.0	13.6	12.2	11.2	10.5	9.9	9.0	8.1	7.4	6.1	4.1	2.3	0.3	0.0
50	14.7	14.3	12.8	11.9	11.1	10.6	9.7	8.7	8.0	6.8	4.8	3.0	1.0	0.0
55	15.7	15.2	13.5	12.6	11.7	11.2	10.4	9.4	8.7	7.5	5.5	4.0	1.9	0.0
60	16.4	15.8	14.1	13.1	12.2	11.8	10.9	10.0	9.4	8.2	6.3	4.8	2.7	0.5
65	16.8	16.3	14.5	13.5	12.6	12.1	11.3	10.3	9.8	8.7	6.8	5.4	3.3	1.1
70	17.3	16.8	15.0	13.9	13.0	12.6	11.7	10.8	10.1	9.0	7.1	5.6	3.5	1.4
74	17.8	17.3	15.5	14.4	13.4	13.0	12.1	11.0	10.3	9.2	7.2	5.8	3.6	1.5
74	19.3	18.7	17.0	15.7	14.7	14.2	13.1	12.0	11.3	10.2	8.2	6.3	4.1	1.9

***** シ`ユカン カイセキ *****
 レコード`ハ`ンコ`ウ B: Jアツカ` L. DAT
 シ`ユシユ カラマツ
 サンチリンフ`ン アツカ` 71イ
 シ`ユレイ 58 ネン
 シ`ユコウ 29.0 m

Tree K C

地上高 Height (m)

年輪 Annual ring	チシ`ユウコウヘ`ツ ネンリンハンケイヒョウ															
	0.0	0.3	1.3	3.3	5.3	7.3	9.3	11.3	13.3	15.3	17.3	19.3	21.3	23.3	25.3	27.3
5	1.9	1.6	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	6.3	6.0	5.4	3.8	2.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
15	9.7	9.4	8.1	7.0	5.8	4.2	1.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20	12.5	12.1	10.7	9.8	8.7	7.5	5.7	4.3	2.1	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
25	13.9	13.5	12.2	11.4	10.4	9.3	7.9	6.7	4.8	3.3	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
30	15.0	14.7	13.4	12.8	11.9	10.8	9.5	8.6	7.2	5.7	3.9	2.1	0.4	0.0	0.0	0.0
35	16.3	15.9	14.6	14.0	13.2	12.2	11.2	10.2	9.4	7.9	6.4	4.5	2.7	0.8	0.0	0.0
40	17.1	16.8	15.8	15.0	14.2	13.3	12.5	11.6	11.1	9.5	8.2	6.1	4.3	2.3	0.3	0.0
45	18.8	18.5	17.4	16.5	15.7	14.6	14.0	13.0	12.8	11.2	9.8	7.7	6.1	4.0	1.7	0.0
50	20.2	19.9	18.9	17.7	16.9	15.9	15.3	14.4	14.5	12.7	11.5	9.4	8.0	5.9	3.4	0.6
55	21.6	21.2	20.1	18.8	18.0	16.9	16.6	15.7	15.7	14.0	12.7	10.6	9.5	7.0	4.5	1.8
58	22.4	22.0	20.7	19.3	18.6	17.5	17.2	16.2	16.3	14.6	13.3	11.2	10.1	7.8	5.2	2.5
58	24.0	23.5	22.0	20.5	19.8	18.6	18.0	17.3	17.4	15.6	14.2	12.1	10.9	8.5	5.8	3.0

***** シ`ユカン カイセキ *****
 レコード`ハ`ンコ`ウ B: JオタルE. DAT
 シ`ユシユ ヨ`ロッパ` カラマツ
 サンチリンフ`ン オタルナエハタ
 シ`ユレイ 85 ネン
 シ`ユコウ 23.2 m

Tree D

年輪 Annual ring	チシ`ユウコウヘ`ツ ネンリンハンケイヒョウ													
	0.0	0.3	1.3	3.3	5.3	7.3	9.3	11.3	13.3	15.3	17.3	19.3	21.3	
5	1.8	1.6	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
10	5.8	5.5	4.6	2.9	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
15	9.0	8.7	7.4	6.2	4.9	2.7	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
20	11.1	10.7	9.3	8.1	7.0	5.4	3.7	2.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	
25	12.7	12.2	10.7	9.5	8.7	7.3	5.9	4.4	1.9	0.2	0.0	0.0	0.0	
30	14.0	13.5	11.9	10.8	9.9	8.8	7.6	6.2	4.0	2.0	0.4	0.0	0.0	
35	15.1	14.7	13.0	11.8	11.1	10.1	8.8	7.7	5.9	3.9	1.9	0.0	0.0	
40	16.0	15.5	13.8	12.5	11.8	11.0	9.7	8.6	6.8	4.7	2.4	0.0	0.0	
45	16.3	15.8	14.0	12.8	12.0	11.2	10.0	8.8	7.1	5.0	2.5	0.0	0.0	
50	16.6	16.0	14.3	13.0	12.2	11.5	10.2	9.1	7.3	5.2	2.5	0.0	0.0	
55	17.7	17.1	15.2	13.7	13.0	12.3	10.9	9.6	7.8	5.5	2.8	0.0	0.0	
60	18.6	18.0	16.0	14.4	13.7	12.8	11.4	10.2	8.2	5.9	3.1	0.3	0.0	
65	19.5	18.9	16.9	15.2	14.5	13.5	12.1	10.8	8.8	6.3	3.4	0.9	0.0	
70	20.4	19.8	17.6	15.9	15.1	14.1	12.7	11.4	9.3	6.9	4.0	1.5	0.0	
75	21.4	20.6	18.2	16.4	15.7	14.7	13.3	12.0	10.0	7.6	4.6	2.2	0.2	
80	22.6	21.7	19.0	17.2	16.4	15.4	14.0	12.7	10.6	8.4	5.5	3.3	1.0	
85	23.4	22.6	19.7	18.0	17.1	16.1	14.7	13.4	11.3	9.3	6.4	4.5	1.9	
85	25.6	24.7	21.8	19.6	18.6	17.8	16.0	14.7	12.1	10.1	7.1	5.0	2.2	

***** シ ユカン カイセキ *****
レコトハ シンゴウ B: JオタルG.DAT
シ ユシュ ク イマツ
サンチリンフアン オタルナエハタ
シ ユレイ 85 ネン
シ ユコウ 17.8 m

Tree G

Annual ring 年輪	チシ ヨウコウヘ ツ ネンリンハンケイヒヨウ											
	0.0	0.3	1.3	3.3	5.3	7.3	9.3	11.3	13.3	15.3	17.3	
5	1.5	1.3	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
10	4.3	4.2	3.6	1.6	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
15	6.5	6.3	5.6	4.4	3.2	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
20	7.9	7.7	7.1	5.9	5.1	3.1	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	
25	8.9	8.7	8.1	6.9	6.1	4.6	2.2	0.3	0.0	0.0	0.0	
30	9.9	9.7	9.1	7.9	7.2	6.1	4.1	2.3	0.4	0.0	0.0	
35	11.0	10.8	10.1	9.0	8.4	7.5	5.7	4.0	1.7	0.0	0.0	
40	12.0	11.8	11.0	10.1	9.4	8.5	6.9	5.3	2.9	0.5	0.0	
45	13.0	12.7	12.0	10.9	10.3	9.3	7.8	6.1	3.7	1.0	0.0	
50	14.0	13.7	12.7	11.7	11.0	10.1	8.4	6.8	4.3	1.4	0.0	
55	14.9	14.5	13.2	12.2	11.5	10.6	8.9	7.3	4.8	1.8	0.0	
60	15.5	15.1	13.7	12.7	11.8	11.0	9.3	7.6	5.1	2.1	0.0	
65	16.1	15.6	14.1	13.0	12.1	11.3	9.6	7.9	5.4	2.3	0.0	
70	16.8	16.2	14.5	13.3	12.4	11.6	9.8	8.2	5.7	2.5	0.0	
75	17.3	16.7	14.8	13.6	12.8	11.9	10.1	8.4	6.0	2.8	0.1	
80	17.7	17.1	15.2	14.0	13.1	12.1	10.3	8.6	6.4	3.1	0.4	
85	18.1	17.6	15.6	14.3	13.4	12.4	10.6	8.8	6.8	3.5	0.7	
85	18.8	18.2	16.1	15.0	13.8	12.8	11.0	9.3	7.2	3.9	0.9	

Tree K 1

*****センイケイシャトノ ソクテイヒロウ *****
 レコトハ`ンゴウ B:Gノツボ`ロL1
 シ`ユシユ カラマツ
 サンチリンファン サツボ`ロ41
 シ`ユレイ 73 ネン
 シ`ユコウ 23.5 m

地上高 Height (m)	年輪 Annual ring		チシ`ヨウコウヘ`ツ カクネンリン ノ センイケイシャト`														-----						
	タカサ	5 10	15 20 25	30 35	40 45 50	55 60 65 70	73	AV.	MAX														
3.3	0.0	5.1	6.2 4.3 3.4	0.1 -2.5 -3.2	-2.2 -1.8 -3.0	-6.3 -7.4 -7.1	-6.9 -1.5 6.2			(%)													
5.3	0.0	3.1	8.8 7.1 4.9	2.3 3.4 2.1	0.9 -0.5 -1.0	-1.8 -1.1 0.3	1.6 2.1 8.8																
7.3	0.0	0.0	7.2 10.6 6.4	5.4 2.6 1.7	-1.4 -3.6 -5.7	-4.4 -3.0 -4.3	-4.8 0.5 10.6																
9.3	0.0	0.0	3.9 7.6 6.7	5.4 4.0 1.8	-0.5 -1.1 -2.2	-4.2 -2.8 -1.2	1.2 7.6																
11.3	0.0	0.0	0.0 9.3 12.6	9.9 8.9 7.1	5.8 3.6 2.4	3.4 3.8 3.7	4.2 6.2 12.6																
13.3	0.0	0.0	0.0 3.9 11.6	10.3 10.3 8.4	6.1 4.3 3.8	5.1 7.2 7.1	7.1 11.6																
15.3	0.0	0.0	0.0 0.0 7.5	6.2 7.6 10.0	9.9 5.0 3.9	3.6 2.7 1.4	0.9 5.3 10.0																
17.3	0.0	0.0	0.0 0.0 1.0	9.2 11.2 10.6	10.9 8.0 5.8	4.8 2.7 1.7	1.0 6.1 11.2																
19.3	0.0	0.0	0.0 0.0 0.0	4.5 8.6 8.3	9.1 9.7 9.7	8.6 7.6 6.8	8.1 9.7																
21.3	0.0	0.0	0.0 0.0 0.0	0.0 0.0 1.1	8.2 6.3 7.4	8.3 8.8 9.4	9.4 7.3 9.4																
23.3	0.0	0.0	0.0 0.0 0.0	0.0 0.0 0.0	0.0 6.3 10.0	8.6 6.7 6.7	6.4 7.5 10.0																
AV.	0.0	4.1	6.5 7.1 6.8	6.1 5.6 4.8	4.6 3.2 2.8	2.4 2.4 2.3	2.2																
MAX	0.0	5.1	8.8 10.6 12.6	10.3 11.2 10.6	10.9 9.1 10.0	9.7 8.8 9.4	9.4																

Tree K 2

*****センイケイシャトノ ソクテイヒロウ *****
 レコトハ`ンゴウ B:Gノツボ`ロL2
 シ`ユシユ カラマツ
 サンチリンファン サツボ`ロ41
 シ`ユレイ 73 ネン
 シ`ユコウ 25.0 m

地上高 Height (m)	年輪 Annual ring		チシ`ヨウコウヘ`ツ カクネンリン ノ センイケイシャト`														-----						
	タカサ	5 10	15 20 25	30 35	40 45 50	55 60 65 70	73	AV.	MAX														
3.3	0.0	0.0	4.8 6.4 1.5	-0.6 0.2 -2.3	-0.9 -1.7 -6.4	-2.5 -3.1 -0.8	-2.1 -0.6 6.4																
5.3	0.0	0.0	3.7 2.3 1.2	0.6 1.7 -1.8	-0.1 -1.4 -1.7	-2.4 -4.0 -4.8	-3.5 -0.8 3.7																
7.3	0.0	0.0	0.6 4.7 3.8	2.6 0.7 -0.8	0.1 -0.9 -2.9	-2.3 0.3 0.9	1.5 0.6 4.7																
9.3	0.0	0.0	0.0 6.8 5.1	3.9 2.1 1.4	1.3 1.3 1.3	-1.5 1.5 1.5	1.2 2.1 6.8																
11.3	0.0	0.0	0.0 3.2 5.9	2.9 2.8 2.9	4.5 0.3 1.1	1.8 -1.1 -2.3	-3.0 1.6 5.9																
13.3	0.0	0.0	0.0 0.0 6.1	4.6 2.1 0.9	-1.0 -0.1 0.1	1.9 5.4 4.7	3.9 2.6 6.1																
15.3	0.0	0.0	0.0 0.0 7.7	4.1 5.5 3.8	3.3 3.0 5.3	11.6 7.9 6.0	5.8 11.6																
17.3	0.0	0.0	0.0 0.0 0.0	5.8 4.7 4.4	4.8 4.5 2.5	2.3 2.5 1.2	3.6 5.8																
19.3	0.0	0.0	0.0 0.0 0.0	1.2 5.6 5.2	4.6 1.7 -0.3	0.3 1.0 0.8	2.3 5.6																
21.3	0.0	0.0	0.0 0.0 0.0	0.0 0.0 2.2	7.9 6.0 4.1	7.3 7.3 6.9	6.6 6.0 7.9																
23.3	0.0	0.0	0.0 0.0 0.0	0.0 0.0 0.0	4.1 7.6 5.7	8.0 7.2 7.5	6.7 8.0																
AV.	0.0	0.0	3.0 4.7 4.0	3.1 2.3 1.8	2.5 1.8 1.1	1.4 2.6 2.2	1.8																
MAX	0.0	0.0	4.8 6.8 6.1	7.7 5.8 5.6	7.9 6.0 7.6	7.3 11.6 7.9	7.5																

Fig. 4. 地上高別年輪別纖維傾斜度
 Grain-angles at different annual rings
 and heights.

*****センケイシャットノ ソクテイヒヨウ *****
レコトハ`ンコウ B:Gノツボ`ロL3
シ`ユシユ カラマツ
サンチリンフ`ン サツボ`ロ41
シ`ユレイ 73 ネン
シ`ユコウ 26.5 m

Tree K 3

地上高 Height (m)	チシ`ヨウコウヘ`ツ カクネンリン ノ センケイシャット`																
	タカサ	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	73	AV.
1.3	3.7	11.0	6.1	4.1	3.2	4.1	1.3	1.0	3.1	2.6	-1.6	-1.1	-0.3	-0.1	1.8	2.6	11.0
3.3	0.0	8.3	2.6	1.2	-0.7	-4.7	-4.5	-1.6	-2.4	-0.5	-3.8	-5.5	-1.6	-3.0	-3.8	-1.4	8.3
5.3	0.0	9.0	7.6	7.5	6.8	6.0	2.9	3.7	5.1	2.8	2.7	3.9	0.6	-2.3	-1.6	3.9	9.0
7.3	0.0	1.5	12.5	14.2	12.5	4.9	3.5	4.3	5.5	5.0	4.0	7.8	9.8	7.2	5.9	7.0	14.2
9.3	0.0	0.0	8.8	12.0	10.3	6.4	2.2	1.4	0.8	2.2	2.3	4.9	7.6	7.5	6.3	5.6	12.0
11.3	0.0	0.0	6.3	9.0	13.0	4.9	1.2	3.3	4.5	4.5	2.4	2.5	3.8	5.2	7.9	5.3	13.0
13.3	0.0	0.0	0.0	4.7	9.5	4.3	2.4	3.7	3.7	4.1	2.1	-0.0	0.2	0.3	0.8	3.0	9.5
15.3	0.0	0.0	0.0	0.0	8.6	9.3	7.2	6.6	4.6	0.6	-0.3	-1.7	-0.5	0.2	0.2	3.2	9.3
17.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.5	13.5	11.9	13.8	8.8	4.2	0.7	1.4	3.4	4.4	7.2	13.8
19.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.6	12.3	13.3	8.0	7.5	7.8	9.5	11.3	12.6	10.0	13.3
21.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	11.0	7.3	6.9	9.3	8.8	9.9	10.4	8.2	11.0
23.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.0	9.3	7.7	9.5	10.1	9.5	9.2	10.1
AV.	3.7	7.5	7.3	7.5	7.9	5.0	3.7	4.4	5.7	4.5	3.0	3.0	4.1	4.1	4.5		
MAX	3.7	11.0	12.5	14.2	13.0	9.5	13.5	12.3	13.8	9.0	9.3	9.3	9.8	11.3	12.6		

*****センケイシャットノ ソクテイヒヨウ *****
レコトハ`ンコウ B:Gノツボ`ロL4
シ`ユシユ カラマツ
サンチリンフ`ン サツボ`ロ41
シ`ユレイ 74 ネン
シ`ユコウ 23.5 m

Tree K 4

地上高 Height (m)	年輪 Annual ring																
	タカサ	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	74	AV.
3.3	0.0	4.0	1.9	-0.1	-1.1	-2.7	-3.8	-4.6	-6.1	-4.9	-3.6	-5.1	-6.7	-7.1	-6.4	-3.3	4.0
5.3	0.0	0.1	4.1	2.2	-1.4	-2.4	-2.7	-2.6	-3.9	-4.5	-4.2	-4.0	-3.7	-4.0	-4.3	-2.2	4.1
7.3	0.0	0.0	5.5	5.9	4.9	2.3	-0.5	-1.4	-3.3	-3.8	-3.6	-2.8	-2.5	-2.5	-2.2	-0.3	5.9
9.3	0.0	0.0	4.6	7.5	6.3	3.4	0.9	-0.8	-3.3	-4.2	-4.1	-4.0	-3.0	-2.5	-3.2	-0.2	7.5
11.3	0.0	0.0	0.0	4.5	8.1	6.2	6.3	4.2	2.8	0.6	0.5	1.1	0.5	-0.7	-0.9	2.8	8.1
13.3	0.0	0.0	0.0	0.0	5.3	4.2	2.9	1.6	-0.1	-1.6	-2.5	-3.2	-3.4	-4.1	-4.6	-0.5	5.3
15.3	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	5.0	5.2	3.7	2.4	1.2	0.0	0.3	-0.4	-1.0	-1.5	1.5	5.2
17.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	7.5	7.4	7.4	6.4	5.4	4.1	3.8	3.5	2.8	5.0	7.5
19.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	4.7	7.1	5.1	4.9	4.5	4.2	3.3	3.0	4.2	7.1
21.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	4.8	5.5	3.9	3.6	3.6	3.8	5.5
AV.	0.0	2.1	4.1	4.0	3.3	2.2	1.9	1.4	0.3	-0.5	-0.2	-0.4	-0.7	-1.2	-1.4		
MAX	0.0	4.0	5.5	7.5	8.1	6.2	7.5	7.4	7.4	6.4	5.4	5.5	4.2	3.6	3.6		

*****センイゲイシャトノ ソクテイヒヨウ *****
 レコトハノコウ B:Gノツボ L5
 シユシユ カラマツ
 サンチリンフン サツボ 41
 シユレイ 74 ネン
 シユコウ 22.0 m

Tree K 5

地上高 Height (m)	チシヨウコウヘツ カクネンリン ノ センイゲイシャトノ																
	タカサ	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	74	AV.
3.3	0.0	5.7	7.2	6.8	4.7	3.9	3.0	2.0	1.1	0.2	-0.2	1.3	1.7	0.9	1.8	2.9	7.2
5.3	0.0	1.7	6.5	4.5	3.3	3.0	2.1	0.2	-1.0	-1.4	-1.5	-1.6	-1.1	-0.3	0.7	1.1	6.5
7.3	0.0	0.0	7.7	10.8	6.9	4.8	3.7	2.5	1.5	1.9	4.4	3.9	2.3	1.3	2.0	4.1	10.8
9.3	0.0	0.0	0.3	8.6	6.7	5.5	4.5	3.5	1.6	-1.1	-1.9	-3.6	-2.7	-3.4	-2.7	1.2	8.6
11.3	0.0	0.0	0.0	5.2	9.9	7.3	6.0	4.6	3.9	2.1	0.8	0.2	-0.5	-1.1	-1.2	3.1	9.9
13.3	0.0	0.0	0.0	0.0	7.4	10.0	7.8	7.8	6.5	5.1	3.2	1.5	2.1	0.9	0.6	4.8	10.0
15.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.8	10.3	9.7	7.8	6.4	5.3	3.7	3.0	2.2	1.9	5.6	10.3
17.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	7.6	8.8	7.1	5.7	3.2	1.1	-0.2	-1.5	3.7	8.8
19.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	6.9	8.4	8.3	7.2	7.2	7.3	6.9	8.4
AV.	0.0	3.7	5.4	7.2	6.5	5.7	4.9	4.7	3.7	3.0	2.7	1.9	1.5	0.9	1.0		
MAX	0.0	5.7	7.7	10.8	9.9	10.0	10.3	9.7	8.8	7.1	8.4	8.3	7.2	7.2	7.3		

*****センイゲイシャトノ ソクテイヒヨウ *****
 レコトハノコウ B:Gノツボ L6
 シユシユ カラマツ
 サンチリンフン サツボ 41
 シユレイ 74 ネン
 シユコウ 24.3 m

Tree K 6

地上高 Height (m)	チシヨウコウヘツ カクネンリン ノ センイゲイシャトノ																
	タカサ	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	74	AV.
0.3	1.1	1.9	1.9	6.0	7.3	4.5	-3.0	-1.0	-4.5	0.7	-0.7	-5.1	-6.2	-2.4	3.6	0.3	7.3
1.3	0.0	3.4	2.2	7.5	5.9	-2.0	-1.8	-5.3	0.5	-0.6	-1.7	-2.6	-4.9	-6.2	-4.7	-0.7	7.5
3.3	0.0	4.1	1.1	7.0	5.1	0.1	0.0	3.1	3.6	0.6	-1.0	-1.6	-0.7	-2.9	-0.1	1.4	7.0
5.3	0.0	0.0	5.5	7.3	4.4	-0.1	0.6	-1.7	-1.4	-2.0	-0.4	-1.5	-1.3	-3.4	-4.2	0.2	7.3
7.3	0.0	0.0	4.2	7.2	3.6	1.9	2.3	0.3	1.5	0.3	2.9	0.6	0.4	0.2	-1.4	1.8	7.2
9.3	0.0	0.0	2.6	7.5	4.5	3.4	2.2	0.7	-0.2	-0.9	0.1	-0.1	-1.1	-4.7	-4.5	0.7	7.5
11.3	0.0	0.0	0.0	6.5	4.3	4.5	1.1	0.8	-0.1	0.5	0.5	-1.5	-4.3	-4.5	-6.2	0.1	6.5
13.3	0.0	0.0	0.0	0.9	4.8	0.7	-2.4	-3.4	-2.8	-2.1	-2.9	-3.3	-4.6	-4.9	-5.9	-2.2	4.8
15.3	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	4.1	2.8	3.3	2.5	1.1	-0.3	-1.1	-3.2	-3.3	-3.7	0.4	4.1
17.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.2	6.0	4.9	4.4	2.2	-0.3	-0.7	-1.6	-3.2	-4.0	1.2	6.0
AV.	1.1	3.1	2.9	6.3	4.7	2.1	0.9	0.2	0.4	-0.0	-0.4	-1.7	-2.8	-3.5	-3.1		
MAX	1.1	4.1	5.5	7.5	7.3	4.5	6.0	4.9	4.4	2.2	2.9	0.6	0.4	0.2	3.6		

*****センイケイシャトノ ソクテイヒヨウ *****

レコート*ハ*ンコ*ウ B:Gアツカ* L
 シ*ユシユ カラマツ
 サンチリンフ*ン アツカ* 71イ
 シ*ユレイ 58 ネン
 シ*ユコウ 29.0 m

Tree K C

地上高 Height (m)	年輪 Annual ring															
	タカサ	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	58	AV.	MAX	
0.3	4.5	0.0	5.2	4.0	0.7	1.9	2.4	1.4	1.1	0.9	4.2	5.9	2.9	5.9		
1.3	2.2	3.3	5.5	4.4	2.1	2.5	3.0	4.0	3.3	2.8	4.4	4.3	3.5	5.5		
3.3	0.0	3.9	5.8	5.8	3.7	0.8	-0.3	5.6	4.0	5.1	4.4	5.1	4.0	5.8		
5.3	0.0	3.3	7.2	6.1	3.6	1.9	0.6	2.0	4.6	4.2	4.7	4.7	3.9	7.2		
7.3	0.0	0.4	2.0	4.1	1.7	0.8	1.1	1.9	3.8	5.5	4.6	4.4	2.8	5.5		
9.3	0.0	0.0	3.2	7.9	6.7	4.3	2.5	2.8	5.0	6.1	5.9	6.2	5.1	7.9		
11.3	0.0	0.0	0.0	7.2	9.6	7.9	5.5	5.2	7.4	8.6	8.3	7.7	7.5	9.6		
13.3	0.0	0.0	0.0	4.4	7.3	6.4	4.5	3.6	5.2	5.2	5.6	5.3	5.3	7.3		
15.3	0.0	0.0	0.0	1.3	7.6	9.0	7.4	7.1	8.6	9.9	9.3	9.1	7.7	9.9		
17.3	0.0	0.0	0.0	0.0	3.8	3.9	3.0	2.2	1.9	2.0	4.3	5.6	3.4	5.6		
19.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.1	8.4	7.9	8.1	8.3	8.3	8.3	7.8	8.4		
21.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2	8.1	9.5	10.7	12.1	13.5	13.8	10.0	13.8		
23.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.2	8.4	10.8	13.4	14.7	15.3	11.1	15.3		
25.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6	10.3	13.6	15.3	16.2	11.4	16.2		
27.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.9	9.6	10.9	8.1	10.9		
AV.	3.3	2.7	4.8	5.0	4.7	3.9	3.9	4.5	6.1	6.8	7.8	8.2				
MAX	4.5	3.9	7.2	7.9	9.6	9.0	8.4	9.5	10.8	13.6	15.3	16.2				

*****センイケイシャトノ ソクテイヒヨウ *****

レコート*ハ*ンコ*ウ B:GオタルE
 シ*ユシユ ヨ*ロツハ*カラマツ
 サンチリンフ*ン オタルナエハタ
 シ*ユレイ 85 ネン
 シ*ユコウ 23.3 m

Tree D

地上高 Height (m)	チシ*ヨウコウハ*ツ カクネンリン ノ センイケイシャト*																			
	タカサ	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	AV.	MAX
0.3	4.1	-1.2	-3.8	-2.3	-2.0	-1.3	-1.0	0.5	1.0	0.6	0.2	-0.7	-1.6	-2.4	-2.1	-2.1	-2.0	-0.9	4.1	
1.3	3.4	3.1	-0.0	-0.8	-1.2	-1.9	-1.8	0.2	1.5	2.5	2.9	0.4	-1.9	-3.1	-4.9	-5.8	-6.0	-0.8	3.4	
3.3	0.0	6.8	4.2	2.1	0.6	-0.1	-0.7	-0.8	-1.3	-1.9	-3.9	-6.9	-7.5	-7.0	-7.2	-7.4	-7.7	-2.4	6.8	
5.3	0.0	4.9	6.7	4.0	2.2	-0.6	-0.7	-0.5	-0.8	-0.9	-2.6	-3.0	-3.8	-3.9	-4.6	-5.5	-5.8	-0.9	6.7	
7.3	0.0	0.0	5.5	1.8	0.3	0.2	0.5	1.2	1.5	1.3	0.9	-0.6	-1.0	-1.6	-2.1	-4.2	-5.1	-0.1	5.5	
9.3	0.0	0.0	3.7	5.3	3.5	2.3	1.5	0.5	-0.1	-0.4	-1.2	-1.7	-3.2	-2.7	-2.9	-3.3	-4.1	-0.2	5.3	
11.3	0.0	0.0	0.0	5.9	8.3	8.2	6.1	4.6	4.1	3.7	3.1	2.6	1.8	1.1	0.4	-0.5	-2.0	3.4	8.3	
13.3	0.0	0.0	0.0	1.4	5.5	8.0	6.8	6.7	6.7	6.5	6.3	6.0	5.1	4.6	3.6	2.9	2.9	5.2	8.0	
15.3	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	4.8	5.8	6.8	6.7	6.3	6.0	5.4	4.5	3.4	2.0	1.7	1.5	4.3	6.8	
AV.	3.7	3.4	2.7	2.2	2.1	2.2	1.8	2.1	2.1	2.0	1.3	0.2	-0.8	-1.3	-2.0	-2.7	-3.1			
MAX	4.1	6.8	6.7	5.9	8.3	8.2	6.8	6.8	6.7	6.5	6.3	6.0	5.1	4.6	3.6	2.9	2.9			

高齢カラマツにおける樹幹内の繊維傾斜度の分布パターンについて

*****センイケイシャトノ ソクテイヒヨウ *****

レコトハ`ンコ`ウ B:GオタルG
 シ`ユシユ ク`イマツ
 サンチリンフ`ン オタルナエハタ
 シ`ユレイ 85 ネン
 シ`ユコウ 17.8 m

Tree G

地上高 Height (m)	チシ`ヨウコウハ`ツ オクネンリン ノ センイケイシャト`																	AV.	MAX
	タカサ	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80		
0.3	4.7	4.6	-0.2	-2.3	-1.9	-3.0	1.0	4.8	-0.7	1.8	-0.6	-6.9	-6.1	0.9	5.5	4.1	2.2	0.5	5.5
1.3	3.4	3.7	1.0	1.1	-0.1	-1.6	0.4	2.1	6.1	1.9	0.3	-2.2	-3.8	-4.0	-2.7	-4.2	-4.8	-0.2	6.1
3.3	0.0	4.4	3.1	2.2	-0.3	0.9	0.6	3.9	4.6	2.5	-1.4	-1.8	-4.9	-6.7	-6.5	-6.0	-5.1	-0.7	4.6
5.3	0.0	2.1	3.6	2.7	2.5	2.3	0.7	3.8	4.0	5.9	5.6	1.7	-1.0	-3.5	-6.3	-8.3	-6.5	0.6	5.9
7.3	0.0	0.0	5.0	5.0	3.7	0.9	-0.3	2.2	0.5	-0.1	-6.5	-13.1	-16.8	-16.6	-15.4	-14.3	-12.4	-5.2	5.0
9.3	0.0	0.0	0.0	5.5	5.0	6.0	3.8	5.5	6.6	3.2	2.0	-2.5	-5.6	-6.2	-5.5	-5.2	-6.7	0.4	6.6
11.3	0.0	0.0	0.0	0.0	1.9	5.3	3.7	5.0	4.6	2.4	-0.1	-4.8	-6.2	-7.6	-11.0	-11.0	-9.9	-2.1	5.3
13.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.5	5.8	7.0	6.9	7.3	6.7	5.2	3.0	-0.3	-3.3	-0.3	1.5	3.7	7.3
AV.	4.1	3.7	2.5	2.4	1.5	1.9	2.0	4.3	4.1	3.1	0.7	-3.1	-5.2	-5.5	-5.6	-5.6	-5.2		
MAX	4.7	4.6	5.0	5.5	5.0	6.0	5.8	7.0	6.9	7.3	6.7	5.2	3.0	0.9	5.5	4.1	2.2		

IV 結果および考察

1 成長と繊維傾斜度の動態

一般的なカラマツの繊維走向は、樹芯を出発点としてS回旋から始まり、樹芯から5～10年輪の間で最大に傾斜し、以後外側へS回旋のまま減少する。しかし、高樹齢木ではある年齢でZ回旋に繊維走向が変わり、ねじれ返しの現象が現れてくる³⁾。この繊維傾斜の方向をFig. 4および以下の図表では、S回旋をプラス、Z回旋をマイナスで示した。また、以下の論述では高齡化に伴う繊維傾斜度の推移に重点を置くため、繊維傾斜度には±数字をそのまま用いるとともに、繊維傾斜度が「高い・低い」の表現をした。従って、繊維傾斜度の最大値及び平均値も±の数字をそのままで算出することにした。

Fig. 5に樹幹解析図と繊維傾斜度の樹幹内分布を併せて表示した。繊維傾斜度の樹幹内における全体的な分布は、おおよそ地上高0 m～15mの枝下部に相当する樹幹では樹芯側の部分では繊維傾斜度が高く、樹皮側に近い部分では低下するとともにねじれ返しの現象が認められる。一方、樹幹上部では繊維傾斜にねじれ返しがなく、樹皮までS回旋を維持している。また個体別にみると、Z回旋が見られる年齢及び地上高の位置、繊維傾斜度の値および推移にそれぞれ特徴が認められ、例えば、ねじれ返しは供試木9個体中8個体に認められ、K6は地上高17.3 mまでZ回旋が認められる。またカラマツK1～6の6個体では、Fig. 4に示すようにZ回旋が25年～45年輪から認められるが、直径成長量が最大のKCは樹齢58年にもかかわらずZ回旋が認められない。

次に、カラマツ類の高齡化と成長に伴う同一年輪の地上高別の繊維傾斜度の推移を、各5年輪ごとにFig. 6に示した。

繊維傾斜度の特徴的な推移は、以下に示す通りである。

- (1) おおむね年齢の推移とともに地上高の低い材部の繊維傾斜度が低くなり、繊維傾斜度の高い部分が地上高の高い方へ波のように移動していく。この傾向は年輪50年ごろまで特に顕著に現れている。
- (2) 年輪50年ごろから73,74年にかけて地上高に沿った周期的な変動が持続する現象が見られる。
- (3) 年齢73,74年以降の繊維傾斜度の推移の検討材料はヨーロッパカラマツDおよびグイマツGに限られる。Dでは45年から75年に見られた周期的な変動が、80年および85年には解消し、地上高の高い材部にのみ繊維傾斜度のピークが認められる。Gは地上高の高い材部の測定値を欠くため樹冠部の繊維傾斜度が不明瞭であるが、地上高5.3mと9.3mのピークが年輪85年には解消することから同様の傾向と推定される。

これらの傾向を明瞭なK1でみると、(1)の視点では、年齢50年までの繊維傾斜度の高い部分は20年で地上高7.3m、30年で13.3m、40年で17.3m、50年で19.3mと順次上方に移動していき、地上高7.3mの繊維傾斜度は20年で10.6%、30年で5.4%、40年で1.7%、50年で-3.6%に次第に低下していく。(2)の視点では、年輪55年から70年にかけて地上高にみられる周期的な変動は、5.3m、13.3m及び21.3mの8m間隔ごとの地上高において繊維傾斜度のピークが認められる。

まず(1)の年齢が高くなるにつれて繊維傾斜度の高い部分が上方の地上高に波のように移動していくことは、木の成長とともに上部の枝が次第に大きく成長し、下枝が衰退もしくは枯れ上がって、樹冠が次第に上部へと移動していく状態とよく類似している。もし樹冠部の幹で形成される材部の繊維傾斜度が

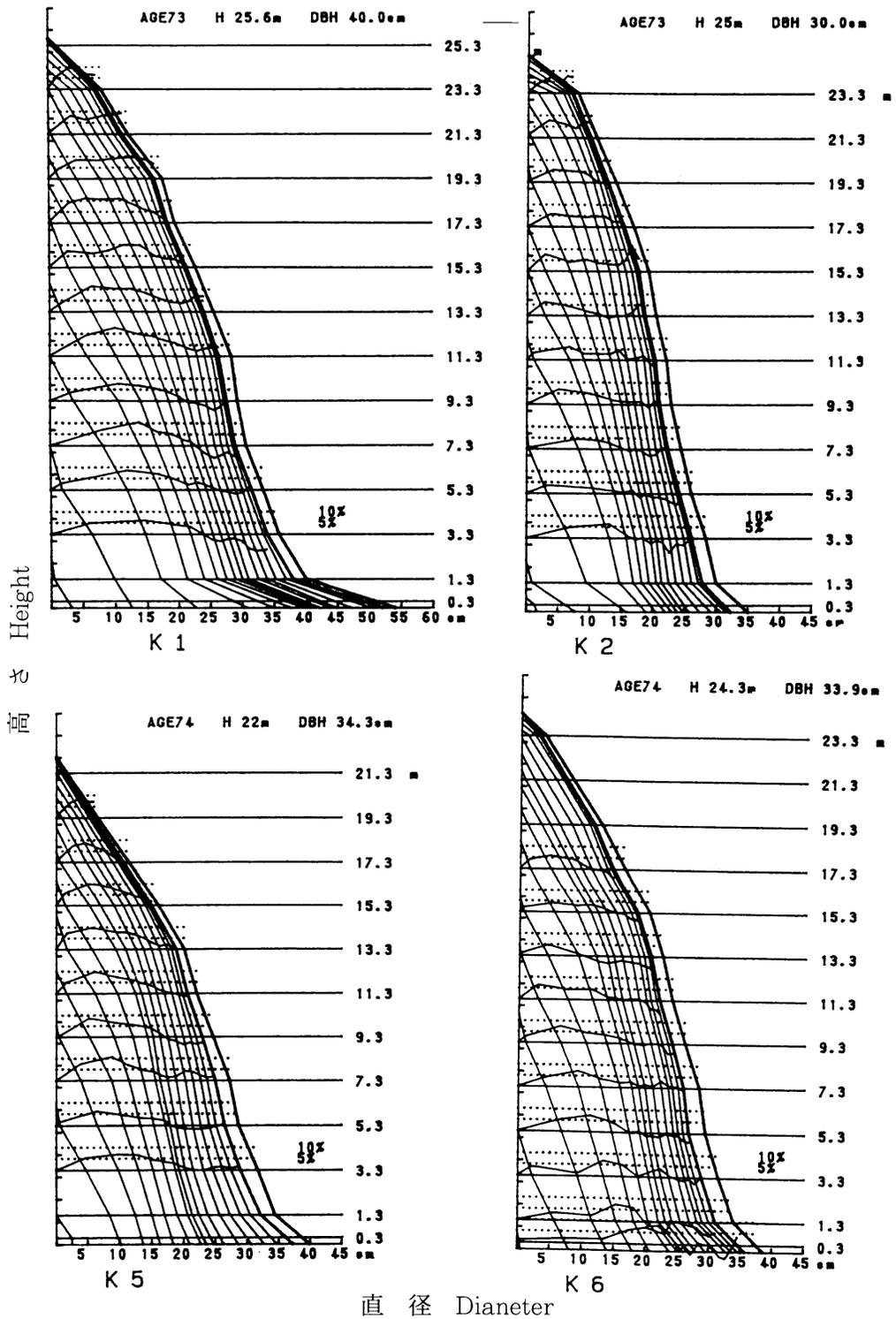
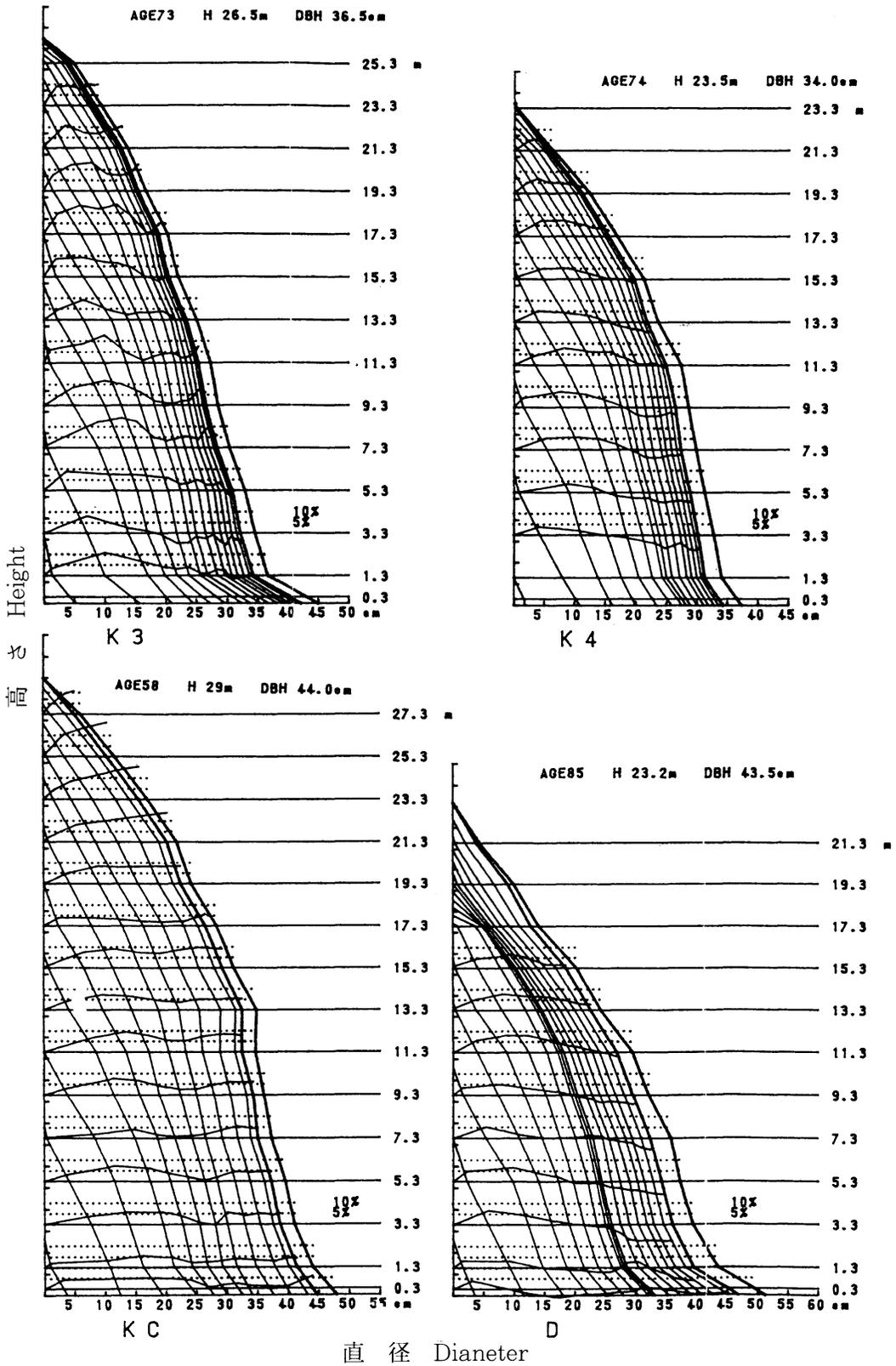
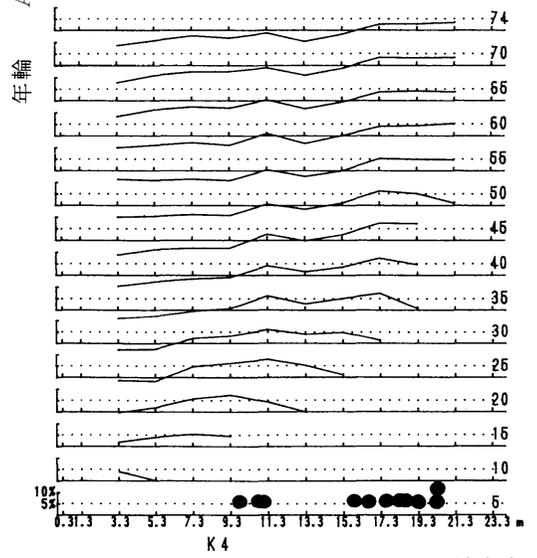
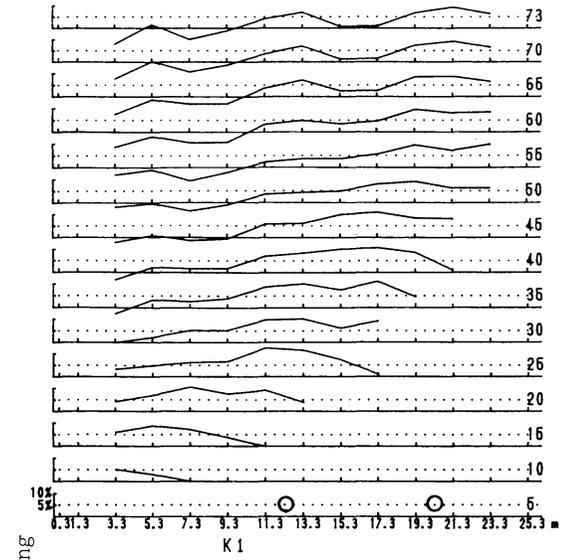
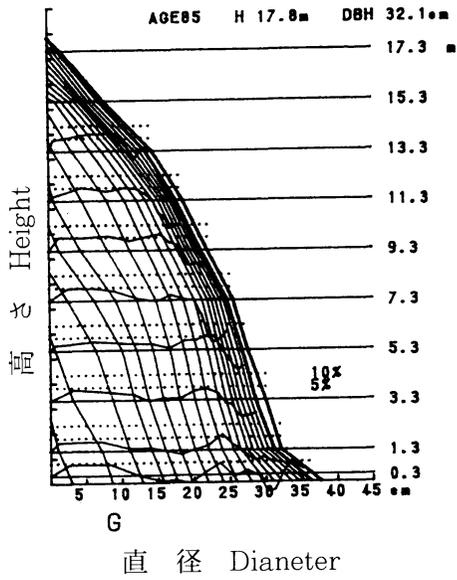


Fig. 5. 樹幹解析図と繊維傾斜度の分布図
Stem analysis and radial and longitudinal variations
of spiral grain in stems of larch trees





地上高

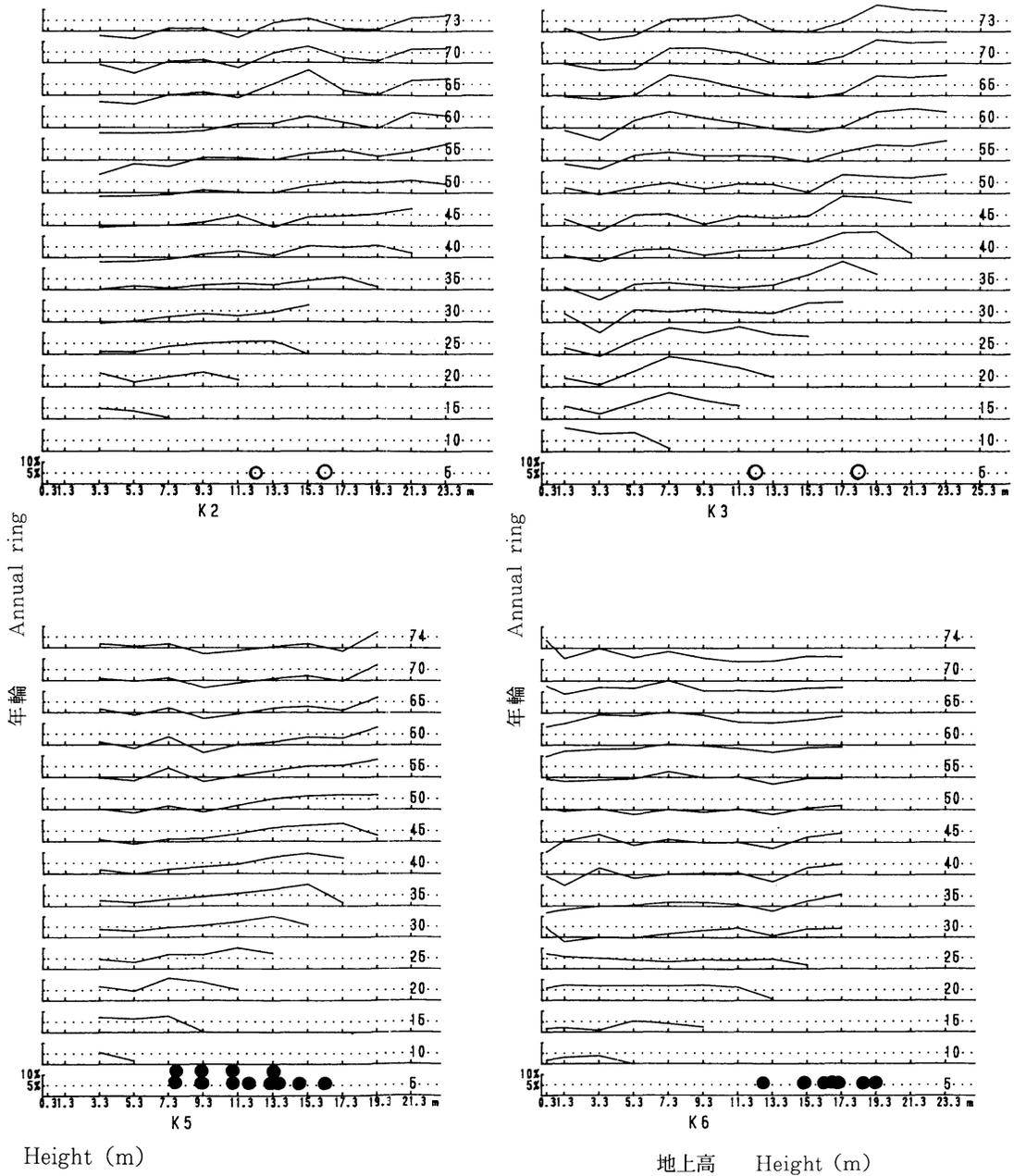
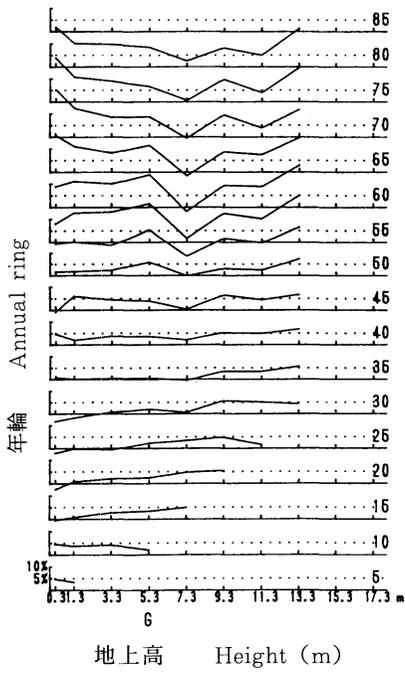
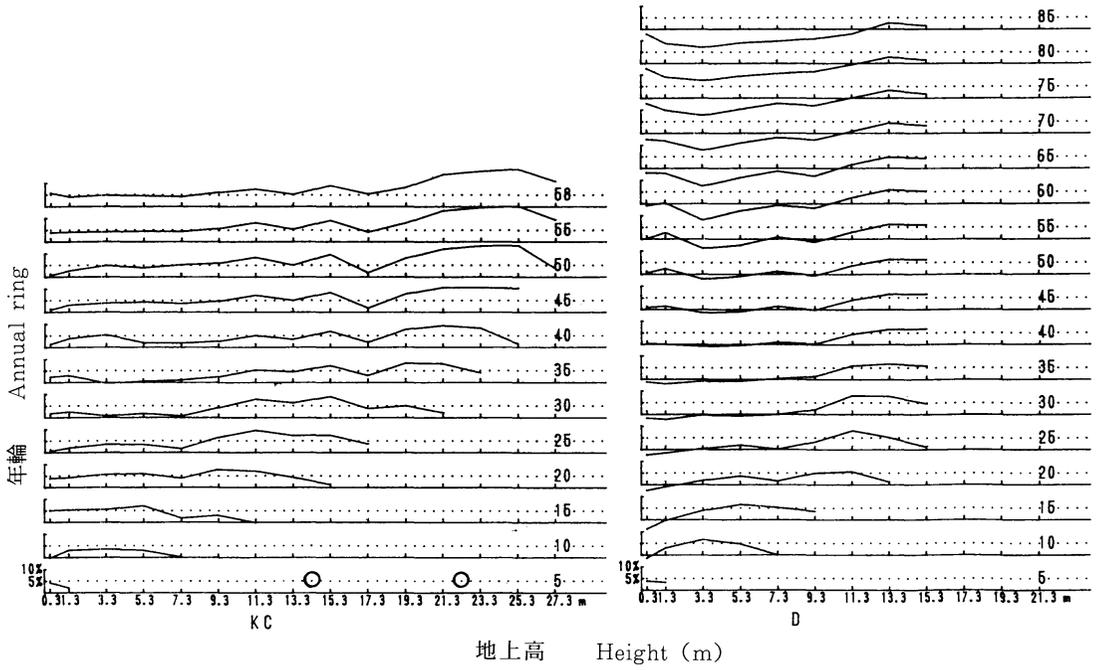


Fig. 6. 年輪別地上高別の繊維傾斜の推移

- ○----生き枝の推定した着生位置
- ●----生き枝の着生位置
- Changes of spiral grain at annual rings and heights.
- ○----Presumed height positions of main live branches on stem.
- ●----Investigated height positions of main live branches on stem.



高く、枝下部で形成される材部のそれが低いならば、樹冠の上方への移動と高い繊維傾斜度の材部の移動は密接に関係する事象として取り扱うことができる。この点について、加納⁹⁾が樹冠部で形成される材を樹冠材（未成熟材）、枝下部で形成される材を枝下材（成熟材）として材質が異なることを述べている。また小沢⁹⁾は未成熟材の繊維傾斜度が成熟材のそれよりも大きいこと、同年時に形成された材部の繊維傾斜度は地上高の上昇に伴って高くなることを報告し、その原因として同年時の年輪の地上高別の材部をみると、地上高が高いほど樹芯に近く未成熟材となり繊維傾斜度が高くなり、地上高が低いほど樹芯からの年輪数が増加し成熟した材となり繊維傾斜度が低くなると報告している。このことと樹冠の移動を重ね合わせて考えると、樹冠部で形成される材部の繊維傾斜度が高く、枝下部で形成される材部のそれが低いことになる。このため、本事例では樹冠の上昇とともに未成熟材が上方に形成され、繊維傾斜度の高い部分が上方へ移動し、枝下部では成熟材の形成とともに繊維傾斜度が低くなるものと推定される。さらに、枝下部の成熟材では、高齢化により繊維傾斜度の低下が一層進み、繊維走行が逆転するZ回旋へと移行する現象が生じる。以上が高齢化にともなう繊維傾斜度の基本的な推移と考えられる。

次に、(2)の繊維傾斜度の地上高による周期的な変動の原因の一つとして、前述の樹冠移動と繊維傾斜度の関係から枝が着生している樹幹部の繊維傾斜度が高いという仮説を建て、着生枝と繊維傾斜度の関係をしらべた。枝の着生位置については、Fig. 5の樹幹解析図から枝の着生位置を推定した。その推定方法は、枝が着生している樹幹部は細りが大きく、樹幹解析図に示される皮側の年輪曲線が樹芯側に傾くことから枝の多い地上高を推定することができる。特に年輪曲線の変局点の上部の樹幹に太い枝が着生すると考えられる。これに

より太い枝が着生していたと推定される地上高と繊維傾斜度のピークの有無をTable 2に示した。一部を除き、太い枝が着生していたと推定される樹幹部で繊維傾斜度のピークが認められ、枝の存在が繊維傾斜度を大きくする一つの因子であることが推測された。これとは逆の現象になるが、枝下部の残存する枝が高齢化により消失すると繊維傾斜度が低下し、(3)に指摘した繊維傾斜度のピークの解消へと進んでいくものと想像される。

以上の検討結果から、高齢化による未成熟材から成熟材への移行により繊維傾斜度の

Table 2. 枝の着生位置と繊維傾斜度の関係
Relation of adhering height of branch and graine-angles

供試木 Tree	枝の着生位置 Adhering height of branch	繊維傾斜度のピーク Existence of peak of graine-angles
K1	11.3m~13.3m	Exist
	19.3m~21.3m	Exist
K2	11.3m~13.3m	Nonexist
	15.3m~17.3m	Exist
K3	11.3m~13.3m	Exist
	17.3m~19.3m	Exist
K4	11.3m~13.3m	Exist
	15.3m~17.3m	Exist
K5	7.3m~9.3m	Exist
	13.3m~15.3m	Non.
K6	7.3m~9.3m	Exist
	15.3m~17.3m	Exist
KC	13.3m~15.3m	Exist
	21.3m~23.3m	Exist
D	7.3m~9.3m	Exist
	11.3m~13.3m	Exist
	15.3m~17.3m	Unknown
G	7.3m~9.3m	Non.
	13.3m~15.3m	Unknown

低下すること、また枝の存在が繊維傾斜度を高くする一因であることが推定された。このことから、カラマツ製材のねじれの量は節の面積率に比例するという報告¹³⁾も、節の面積率の高い材は樹冠内で形成された未成熟材である、あるいは枝が繊維傾斜度を大きくすると考えれば理解できる現象である。

以上に推定した高齢化による成熟材の発達、枝の枯れ上がりおよび樹冠の上昇にともなう繊維傾斜度の推移を模式化し、これをFig. 7に示す。

カラマツの高齢化を図る長伐期施業は、成熟材部の増加、繊維傾斜度を低下および繊維走行の逆転を生じ、材質の改善を促すことになり、有効な施業と考えられる。

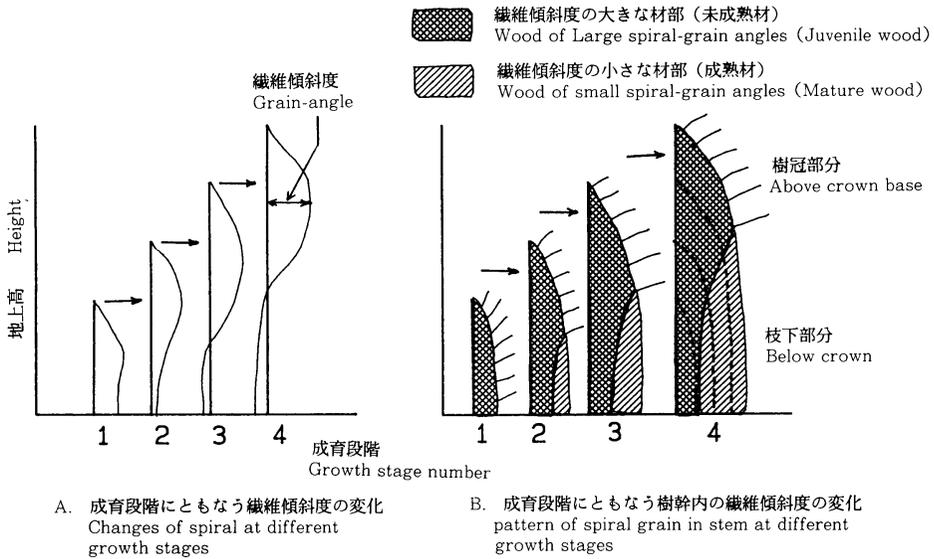


Fig. 7. 成長にともなう樹幹内での繊維傾斜の変化の模式図
Model pattern of spiral grain in stem at different growth stages.

2 樹幹内の繊維傾斜度の分布

前項の樹冠内で形成される未成熟材と枝下で形成される成熟材の繊維傾斜度の違いの視点から、樹幹内の繊維傾斜度の分布を以下に検討した。

(1) 水平分布

地上高 3.3m ~ 13.3m の範囲の繊維傾斜度を対象として、Fig. 8 に樹芯から樹皮に向かって各年輪の最大繊維傾斜度および平均繊維傾斜度の推移を示す。なお、以下に述べる最大繊維傾斜度は特定した範囲の測定値群の最大値を言い、平均繊維傾斜度はこれら測定値の平均値を言う。Fig. 8 ではカラマツ KC を除く全個体に、高齢化とともに最大繊維傾斜度および平均繊維傾斜度が小さくなる傾向を示している。このことは、個体の成長とともに樹冠が順次上方へ移動するため、水平的には未成熟材から成熟材に移行し、繊維傾斜度が低下すると考えられる。ただし、カラマツ KC では、樹齢が高くなっても、繊維傾斜度はおおむね一定となっており、未成熟材と成熟材の繊維傾斜度の違いから説明できないケースもある。

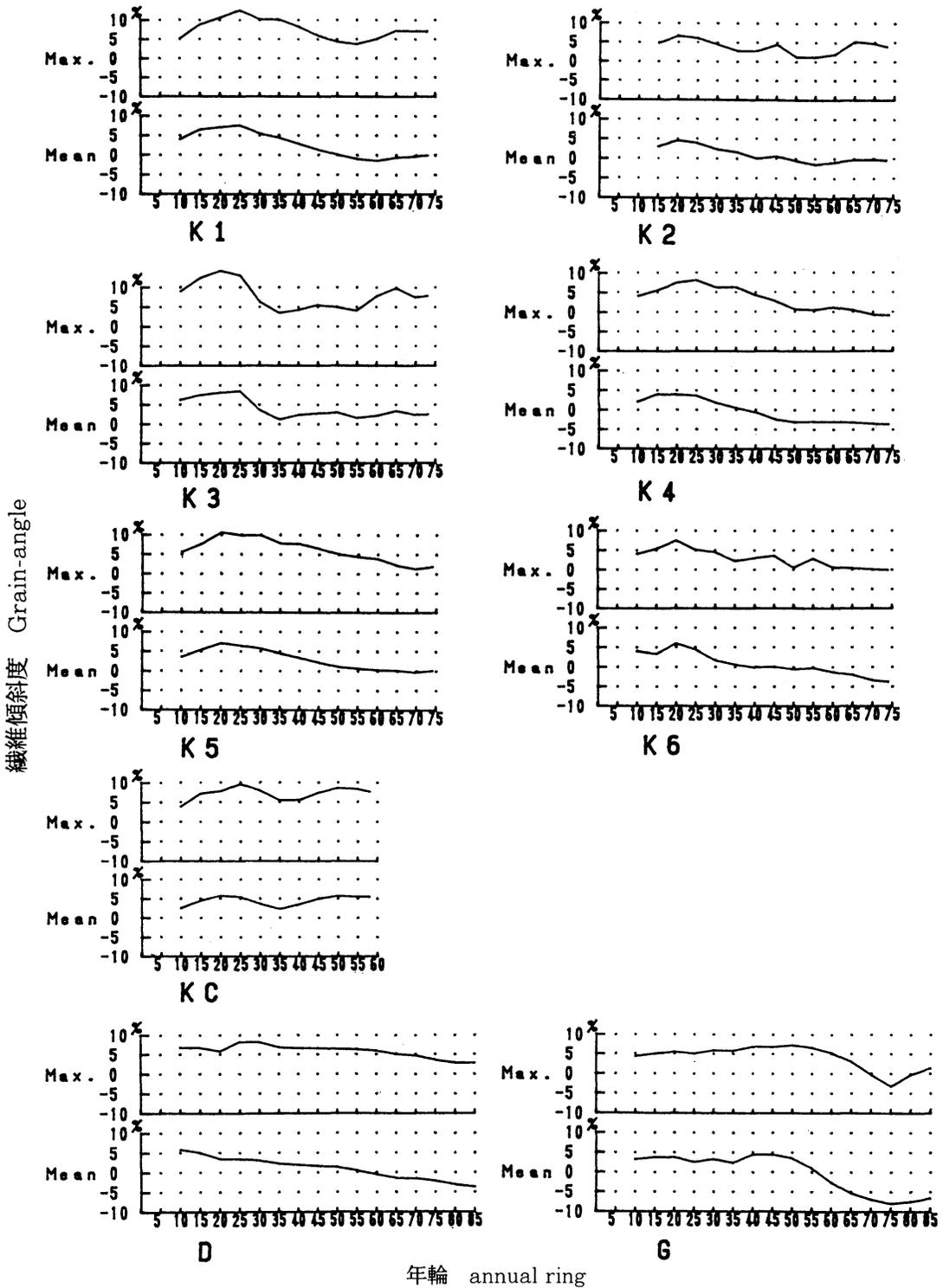


Fig. 8. 年輪の推移にともなう繊維傾斜度の変化 (地上高3.3m~13.3m)
 Maximum and mean angles of spiral grain at different
 annual rings (on heights 3.3m~13.3m).

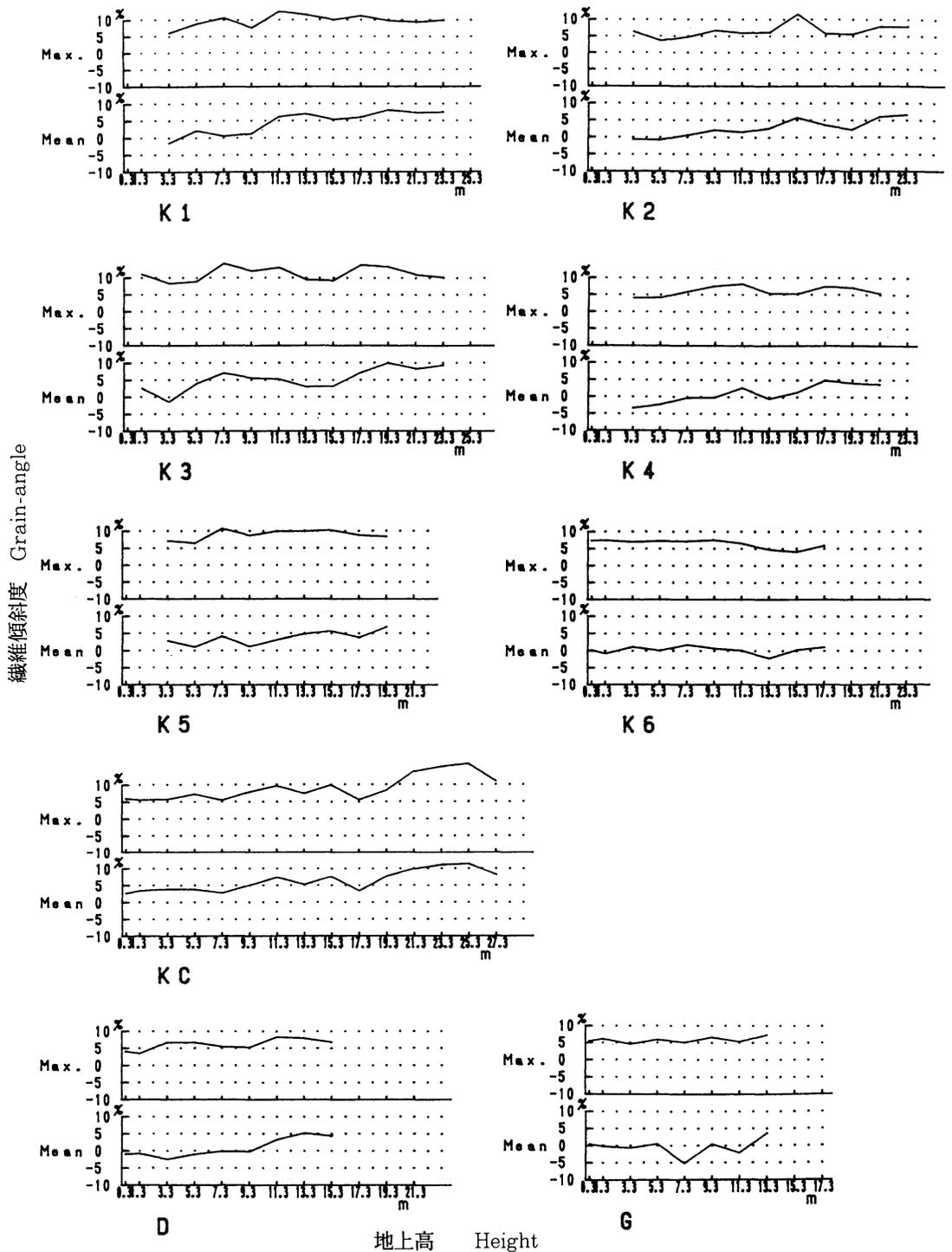


Fig. 9. 地上高の違いによる最大および平均繊維傾斜度の変化 (年輪5~55年)
Maximum and mean angles of spiral grain at different heights (in annual rings 5~55 year)

(2) 垂直分布

年輪5年～55年の範囲の繊維傾斜度を対象として、Fig. 9に各地上高の最大繊維傾斜度と平均傾斜度を示す。最大繊維傾斜度は地上高間でほぼレベルに推移しているが、平均繊維傾斜度では地上高が高くなるにつれてその値が高くなる傾向を示している。このことは、前者については地上高が違ってても樹幹材部の最大繊維傾斜度に大きな差がないこと、また後者については地上高が高まるにつれて未成熟材の占める割合が多くなることから説明できると思われる。前者の各地上高の最大繊維傾斜度がほぼ同じであることは、個体間識別の指標となることを意味し、クローン間差において最大繊維傾斜度の広義の遺伝力が高いことと⁵⁾一致している。ただしKCの個体は、最大繊維傾斜度も地上高が高くなるにつれて大きくなり、他の個体に比べその推移が異なる。その原因については不明である。

3 個体間の繊維傾斜度の違い

個体間の繊維傾斜度の違いを検討するには、個体内において未成熟材と成熟材で繊維傾斜度が異なるので、未成熟材と成熟材に区分する必要がある。そこで、個体間の繊維傾斜度の比較には、各個体間の共通位置を考慮し、地上高3.3m～13.3mの各地上高で、未成熟材では樹芯から2及び3番目の年輪の測定値、成熟材では50年輪および55年輪の測定値を用いた。Fig. 10に個体別に未成熟材と成熟材の繊維傾斜度の分布を示した。さらに立地条件が類似しているK1からK6のカラマツについて、Table 3に示す分散分析を行い、両材部に有意な個体間差が認められた。なお、これら両材部の繊維傾斜度間に有意な相関関係は認められなかった。

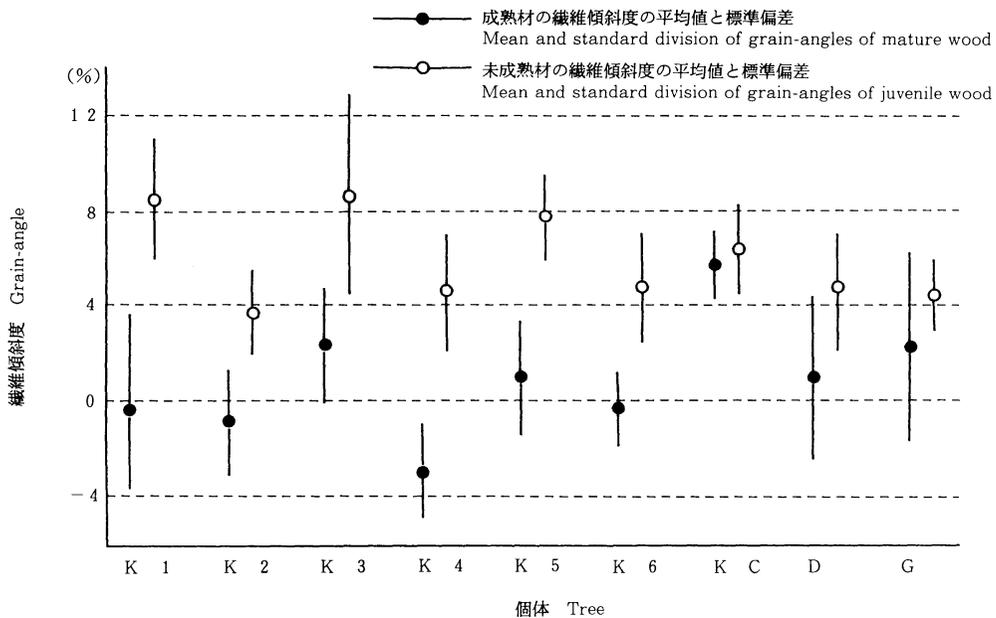


Fig. 10. 未成熟材と成熟材による繊維傾斜度の個体間変異
Variation between larch trees by separating
juvenile and mature wood

次に、これら両材部の繊維傾斜度の平均値、Z回旋が生じ始める初期の年齢(出現年齢とする)、Z回旋が認められる最も高い地上高の樹高に対する相対値(出現最高地上高相対値とする)および平均胸高直径成長量をTable 4に示した。Z回旋の出現年齢と出現最高地上高相対値は、ともに未成熟材および成熟材の繊維傾斜度とに相関は認められなかった。Z回旋の出現は、各個体が持つ繊維傾斜度の特性とあまり関係がないものと思われる。一方、Z回旋の出現最高地上高相対値と平均胸高直径成長量との間に1%水準で有意な負の相関係数($r = -0.927$)が認められた。直径成長量の旺盛な個体は一般的に枝葉を良く発達させ上下の樹冠幅も広く枝下高が低くなるため、高齢化にもかかわらずZ回旋の出現範囲を上方に拡大しないためと思われる。

本研究で用いたヨーロッパカラマツおよびグイマツの供試木は各1本であり、繊維傾斜度の種間差を論じることができないが、グイマツ未成熟材部の繊維傾斜度が小さい方に属しており、筆者の報告⁶⁾と一致していた。

Table 3. 繊維傾斜度の個体間の分散分析
Analysys of variance for spiral grain in trees

	要 因 Source	自由度 d.f.	分散比 F
未成熟材 Juvenile wood	個体間 Among tree	5	8.638 *
	個体内 Within tree	66	
成熟材 Mature wood	個体間 Among tree	5	7.125 *
	個体内 Within tree	66	

* ; 5%レベルで有意差あり。

* ; Significant at 5% level

Table 4. 各個体の繊維傾斜度と直径成長量
Grain angles and diameter increment of trees

樹種 Species	供試木 Tree	平均繊維傾斜度 Mean of grain-angle		Z回旋 Z-spiral grain		平均胸高直径成長量 (55年齢まで) Mean bres theight diameter increment (by 55 age)
		未成熟材 Juvenile wood	成熟材 Mature wood	出現年齢 Arised early age	出現最高地上高相対値 The tallest height ratio in arised range	
カラマツ Japanese larch	K1	8.59%	- 0.40%	35years	0.36	5.9mm/year
	K2	3.70	- 0.93	30	0.77	4.3
	K3	8.63	2.33	25	0.58	5.6
	K4	4.53	- 3.00	25	0.65	5.2
	K5	7.75	0.97	45	0.79	4.6
	K6	4.74	- 0.38	30	0.71	4.9
	KC	6.39	5.69	—	—	7.3
ヨーロッパカラマツ European larch	D	4.84	0.92	30	0.49	5.5
グイマツ Kurile larch	G	4.43	2.29	25	0.75	4.8

注1,

$$\text{出現最高地上高相対値} = \frac{\text{出現する範囲で最も高い地上高}}{\text{樹高}}$$

The tallest height ratio
in arised height range

The tallest height in arise height range

Tree height

V お わ り に

高齢なカラマツ類を用いて、樹幹内の繊維傾斜度の立体的な調査、分析により以下の知見が得られた。

1. 一般に、樹冠内では未成熟材、枝下部では成熟材が形成され、繊維傾斜度は未成熟材で大きく成熟材で小さくなることが報告されている。今回の高齢な材料と樹幹解析を併用した立体的な調査においても、この現象を的確にとらえることができた。さらに、樹幹部に着生する枝が繊維傾斜度を高める一つの原因であることが推定された。また、9本中8本の個体において、成熟材においてS旋回からZ旋回繊維の走行が変わるねじれ返しの現象が確認された。

2. カラマツの長伐期化は、枝下部に繊維傾斜度の低い材部を増加させることになり、材質の向上を促進すると考えられる。

3. 個体間の繊維傾斜度の比較では、未成熟材と成熟材に区分して評価すると、両材部に明瞭な個体間差が認められた。

なお、本研究は、高齢カラマツの小数個体について樹幹解析を併用しながら繊維傾斜度の樹幹内分布を詳細に調べ、年齢の高齢化と成長にともなう繊維傾斜度の推移に重点を置いた研究である。このため、遺伝的および種の特徴については、既往の調査研究から類推するのみで実証的な論理展開は供試材料からみて不可能であった。しかしながら、高齢化と成長にともなう繊維傾斜度の推移データは、カラマツの長伐期を考慮した今後の施業および育種には基礎的な資料になり得ることを期待している。このため、論文の体裁も、調査データの記述に紙面の大半を使用させていただいたこととお断りしたい。

引 用 文 献

- 1) 加納 猛：林木の材質，日林協，東京，1973
- 2) 三上 進：カラマツの材質育種に関する研究－旋回木理の遺伝的改良－．林育研報，6，86～94，1988
- 3) 日本木材学会北海道支部：北海道の人工造林木の材質と利用．11～14，1982
- 4) 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れ方．日林誌，55(7)，221～226，1973
- 5) 織田春紀：カラマツクローンによる材質形質の遺伝分散の推定－繊維傾斜度と容積密度数－．日林論，96，287～288，1985
- 6) 織田春紀：カラマツ類の繊維傾斜度の種間変異について，日林北支論，34，136～138，1985

**Developing Patterns of Spiral Grain in Stem of Old-age Larch,
Larix aemferi (Lamb.) Carr, *L. decidua* Miller, *L. gmelini*
(Rupr.) KUZENEVA var. *japonica* (Maxim. ex Reg.) Pilger**

Haruki ORITA

Summary

This study's aim is to explore the patterns of spiral grain in stem for the long rotation operation of the Japanese larch. As the materials, old-age trees, 7 trees of 58~74 year-old Japanese larch, one 85 year-old European larch and one 85 year-old Kurile larch are used for the stem analysis and the investigation of spiral grain. On the spiral grain, the splitting method of stem-disks is used.

The spiral grain-angles are measured for each stem height, and for each annual ring which is used in the stem analysis. The interval of annual rings measured is 5 years, and the interval length of height measured is 2.0 m.

The result are summarized as follows:

1. Generally, juvenile wood develops in the stem above crown base, mature wood develops in the stem below crown, and the spiral grain-angles in juvenile wood are large, the ones in mature wood are small. These fundamental patterns of spiral grain in a stem have been confirmed more exactly by the materials of older larch trees and the cubic investigation.
2. Therefore, the long rotation operation of larch makes the increase of volume of mature wood and small grain-angles wood. It is presumed the operation produces high quality wood.
3. When the angles of spiral grain are evaluated by separating juvenile wood from mature wood, the difference among trees are clearly recognized.

In addition, European larch and Kurile larch are used for the investigation of the spiral grain in stem. However, the characteristic of species can't be discovered, because these materials are one tree for a species.