

# 林木の生長と細胞のディメンションに 関する研究 (第2報)<sup>†</sup>

スギ材の仮道管長に影響を与える因子\*<sup>1</sup>

藤原新二\*<sup>2</sup>, 岩神正朗\*<sup>2</sup>

## Tree Growth and Cell Dimensions II<sup>†</sup>

Factors influencing tracheid length of sugi

(*Cryptomeria japonica* D. Don)\*<sup>1</sup>

Shinji FUJIWARA\*<sup>2</sup> and Seiro IWAGAMI\*<sup>2</sup>

The factors influencing the tracheid length of sugi (*Cryptomeria japonica* D. Don) were investigated by multiple regression analysis.

The tracheid length of juvenile wood was estimated using the following equation :

$$Y = 1.282 + 0.0445X_1 + 0.0196X_2 \quad (1)$$

$Y$  : tracheid length of juvenile wood (mm).

$X_1$  : ring number from pith.

$X_2$  : distance from pith (mm).

The tracheid length of mature wood is expressed by the following equation :

$$y = 1.762 + 0.0063x_1 + 1.011x_2 - 0.0167x_3 \quad (2)$$

$y$  : tracheid length of mature wood (mm).

$x_1$  : distance from the first ring of mature wood (mm).

$x_2$  : tracheid length of the first ring of mature wood (mm).

$x_3$  :  $r_n/r_{n-1}$  ( $r_n$  : radius from pith to an outer ring,  $r_{n-1}$  : radius from pith to an inner ring)

A tree with large radius increments has longer tracheids in both juvenile and mature wood.

スギ材の仮道管長に影響を与える因子とその影響の度合をいろいろな生長状態の材を用い重回帰分析によって検討した。

未成熟材部の仮道管長  $Y$  (mm) は、髓からの年輪番号  $X_1$ 、髓からの距離  $X_2$  (mm) によって (1) 式から近似的に推定できる。

$$Y = 1.282 + 0.0445X_1 + 0.0196X_2 \quad (1)$$

成熟材部の仮道管長  $y$  (mm) は、成熟材部の初めからの距離  $x_1$  (mm)、成熟材部の初めの年輪の仮道管長  $x_2$  (mm)、髓から  $n$  番目の年輪の外側までの半径  $r_n$  と内側までの半径  $r_{n-1}$  の比 ( $r_n/r_{n-1}$ )  $x_3$  によって (2) 式で示される。

$$y = 1.762 + 0.0063x_1 + 1.011x_2 - 0.0167x_3 \quad (2)$$

未成熟材、成熟材ともに生長の良いものほど長い仮道管長を有する材が得られる。

† Report I : This Journal, 30(1), 9-16 (1984)

\*<sup>1</sup> Received October 7, 1985. 本研究の一部は第35回日本木材学会大会(1985年4月, 東京)において発表した。

\*<sup>2</sup> 高知大学農学部 Faculty of Agriculture, Kochi University, Nankoku, Kochi 783

### 1. 緒 言

前報<sup>1)</sup>では、一林分内の肥大生長の差が仮道管の長さ、内こう径、壁厚に及ぼす影響について述べた。

本研究では、スギ材の仮道管長と関連があると考えられる主として生長に関係した因子、すなわち従

来から報告されている年輪数, 髄からの距離, 年輪幅の他に形成層の円周の増加率, 成熟に達した時の仮道管長の差をとりあげ, 単に各因子と仮道管長との相関をみるだけではなく重回帰分析によってどの因子が仮道管長と最も関係があるかを明らかにするとともに, 相対的な重要さについても検討を行った。この目的のために, 保育形式が異なる代表的な林業地よりいろいろな半径生長経過をたどった材を採取した。

## 2. 実 験

### 2.1 調査地

調査した地域は, 木頭林業として知られている徳島県那賀郡上那賀町の私有林, 久万林業として知られている愛媛県上浮穴郡久万町の私有林および高知県安芸市の国有林の3地域である。

木頭地方は疎植粗放林業と言われ, 植栽本数は戦前までは500本~1000本/ha程度で枝打ち, 間伐はほとんど行われていなかったが, 戦後は徐々に増大し現在は3000本/ha以上となっている。

久万地方は密植集約林業と言われ, 植栽本数は4500本~5500本/haで近年は育林技術体系に基づいた集約施業が行われている。

これら2つの林業地の中間的な施業を行っているのが安芸管林署管内の国有林で, 標準的な植栽本数は3000本/haである。

各地域毎に幼齢林と壮齢林の2つの林分を選定し, 約0.1ha程度のプロットを設け毎木調査を行った。調査プロットの概要をTable 1に示した。

### 2.2 供試木

プロット内の全立木の胸高直径の測定結果より, 平均胸高直径のものを2本, 平均値より標準偏差分ほど大きい直径のものを2本, 小さいものを2本, 計6本をその林分を代表する供試木として選定し伐倒した。そして, 各供試木の胸高部から厚さ約10cmの円板を採取し実験に供した。供試木の概要はTable 2の通りである。

又, 仮道管長に対する生長状態の影響をよりはっきりさせるために, 生長経過の著しく異なるヤナセスギ天然木の測定結果<sup>2)</sup>と比較した。ヤナセスギ天然木の概要は, Table 3の通りである。

### 2.3 年輪幅および仮道管長の測定

前報<sup>1)</sup>と同じ方法で行った。

Table 1. Outline of sampling plots.

District	Aki		Kito		Kuma	
Location	Aki City, Kochi Pref.		Kaminaka-cho, Tokushima Pref.		Kuma-cho, Ehime Pref.	
Stand	K-I	K-II	T-I	T-II	E-I	E-II
Planting density (trees/ha)	3000	2000	3000 - 3500	1000	4500	5500
Number of trees at cutting (trees/ha)	1351	898	865	419	2416	593
Tree age	30	47	27	45	20	45
Average tree height (m)	19.3	24.2	19.7	25.2	13.9	26.1
Average d. b. h. (cm)	22.4	30.2	23.8	37.5	15.1	30.3
Volume per ha (m <sup>3</sup> /ha)	538.1	741.3	367.8	504.6	325.9	574.5
Average volume per tree (m <sup>3</sup> /tree)	0.39	0.83	0.43	1.20	0.14	0.86

Table 2. Sample trees.

District	Aki		Kito		Kuma	
	K-I	K-II	T-I	T-II	E-I	E-II
Average annual ring width (mm)	4.70	3.78	4.84	4.60	4.49	2.78
	4.27	3.70	4.65	4.36	4.22	3.47
	3.61	2.72	3.96	3.94	3.62	2.42
	3.52	3.05	4.34	3.92	3.09	3.01
	2.93	2.48	3.72	3.12	2.86	2.50
	3.03	2.29	3.78	3.33	2.87	2.83
Tree height (m)	22.0	28.0	20.9	25.1	14.6	27.4
	19.6	26.1	21.2	26.8	15.7	27.0
	20.2	25.8	22.0	28.0	13.9	25.2
	19.6	27.8	21.5	24.6	13.1	26.4
	19.3	23.2	17.9	23.7	11.6	25.5
	19.3	23.8	17.2	25.2	12.5	23.0

Table 3. Outline of natural Yanase sugi.

Sample tree	Annual ring number	Average annual ring width (mm)
A	181	1.10
B	100	2.94
C	89	2.73
D	81	3.10

### 3. 結果および考察

#### 3.1 供試木の半径生長

各林分の平均胸高直径の供試木について、生長状態を半径総成長量として幼齡林と壯齡林に分けて Fig. 1 と Fig. 2 に示した。又、天然スギの半径総成長量を Fig. 3 に示した。

木頭は幼齡林、壯齡林ともに半径生長が旺盛である。特に壯齡林では約 25 年輪以後、再び半径生長の増大がみられる。

安芸と久万の壯齡林では生長経過は近似しているが、全供試木についてみると安芸の方が多少生長がよい。

久万の幼齡林のように、密植のうえに幼時からかなりの枝打ちが実行されている林分では約 7~8 年輪以後半径生長が急激に衰えている。

植栽本数による半径生長への影響は髓から約 7~8 年輪までは認められない。

天然スギは幼時に被圧されることが多い。その例として供試木 B があげられる。B は 10 年輪ぐらいま

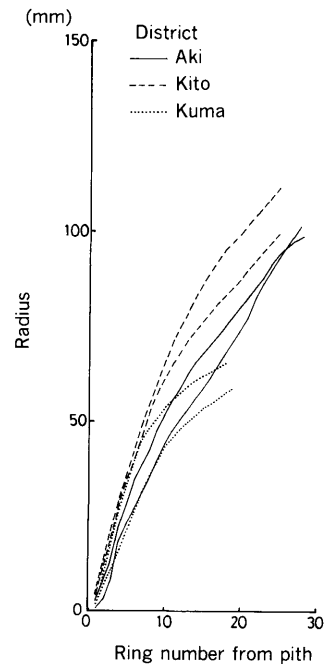


Fig. 1. Total radius increment of young stand.

での生長が著しく悪いが、被圧から解放された後は 4 本の供試木中最もよい生長を示している。供試木 A は幼時から生長が悪くほぼ同様な生長状態を維持しているが、約 80 年輪あたりから徐々に生長の増大がみられる。供試木 C と D は幼時に被圧されることはなく、造林木と同様な半径生長経過である。

このように、半径生長は造林木では各林業地の育林施業と関連しており、天然木においても個体毎に

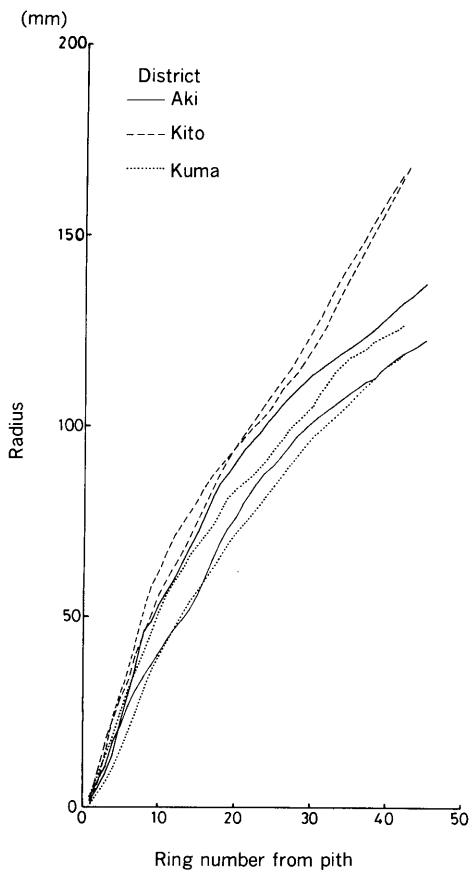


Fig. 2. Total radius increment of middle-aged forest.

著しく異なる生育環境の影響を反映していると考えられる。

### 3.2 仮道管長

晩材仮道管長の半径方向の変動を造林木は Fig. 4 ~ Fig. 6 に, 天然木は Fig. 7 に示した。

仮道管長は造林木では髄から約 10~15 年輪まで直線的に増大し, その後も一定にならずに徐々に増大する傾向が認められる。安芸の壮齡林 K-II で仮道管長の短い個体が 1 本, 木頭の壯齡林 T-II で長い個体が 1 本みられたが, その他は同一林分ではほぼ近似した変動傾向を示している。各林分を比較した場合, 半径生長のよい木頭の仮道管長が長い傾向が認められた。

天然スギの場合にも半径生長の悪い供試木 A (Fig. 3) が他の供試木より仮道管長が短い傾向がみられ (Fig. 7), 生長状態によって仮道管長の伸長割合に差が認められる。そこで, 仮道管長と生長との関連をより詳細にみるために未成熟材部と成熟材部に分けて検討した。なお未成熟材部は仮道管長の髄

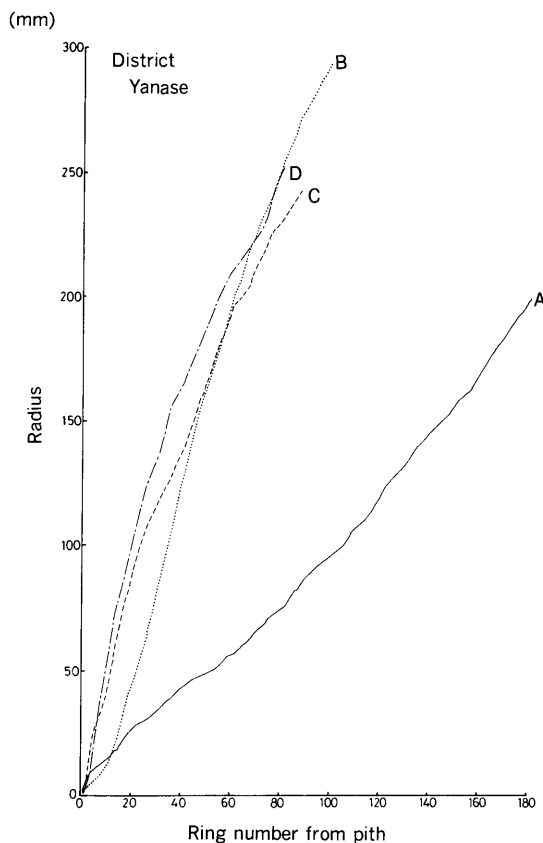


Fig. 3. Total radius increment of natural forest.

からの年輪数による変動経過からみて, 年輪数とともにほぼ直線的に増大する期間とした。

未成熟材部の仮道管長に影響を与える因子として第 1 に髄からの年輪数があげられる。前形成層から分化発達したばかりの形成層の紡錘形始原細胞は短い細胞であるが, この始原細胞は生長期毎に生長し次第に大きくなるという先天的な特性があり年齢が重要な因子である。

第 2 に髄からの距離が考えられる。Philipson ら<sup>3)</sup>によれば, 幹の中心から数 cm 以内では急速に拡大する円周に応じるために始原細胞の寸法が大きくなると報告しているが, 髄からの年輪数が同じでも距離が離れるに従って半径生長あたりの垂層分裂の回数は少なくてすむようになり, 髄からの距離も仮道管長に対する影響因子としてあげられる。

第 3 に第 1 年輪の仮道管長が考えられる。Bisset ら<sup>4)</sup>によれば, 第 1 年輪の仮道管長が長いものは後の年輪の仮道管長も長かったと報告している。又, この第 1 年輪の仮道管長は伸長生長と正の相関があることが報告されており<sup>5)6)</sup>, 肥大生長のいかに関

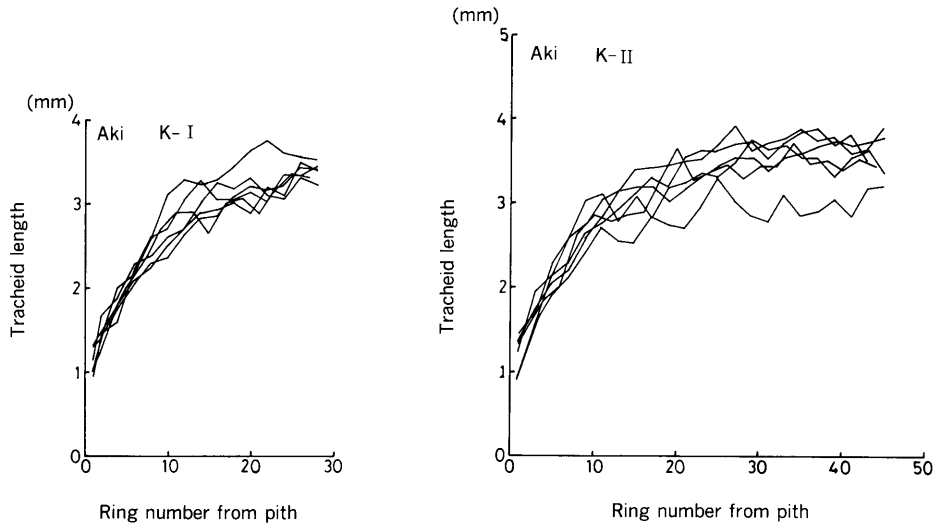


Fig. 4. Variation of tracheid length at Aki District.

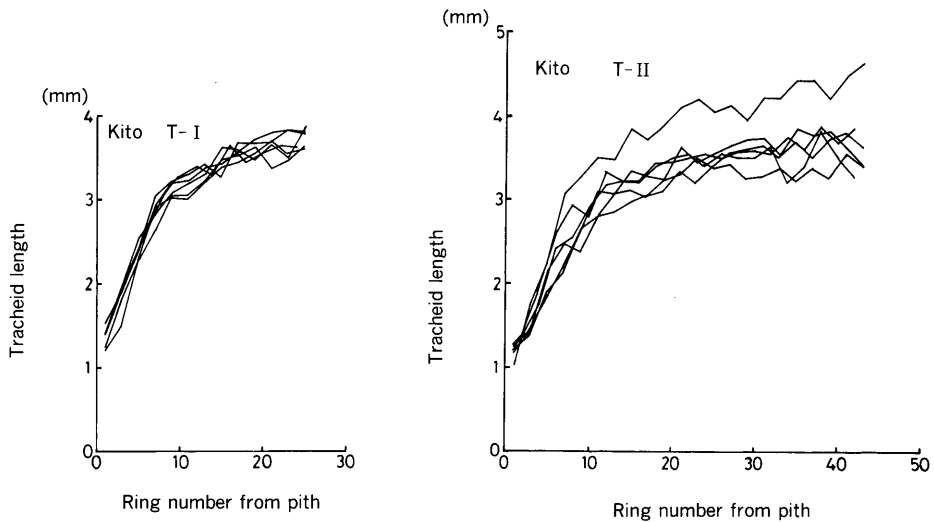


Fig. 5. Variation of tracheid length at Kito District.

わりなく第1年輪の仮道管長が長ければ後の年輪の仮道管長にも影響を与えるものと考えられる。

未成熟材部の仮道管長に影響を与えると考えられる以上の3因子について相関分析を行った。Table 4に各因子間の相関係数および各因子と仮道管長との相関係数を示した。仮道管長と髄からの年輪番号および距離との間には有意な相関がみられたが、第1年輪の仮道管長との間には有意な相関は認められなかった。第1年輪の仮道管長と年輪幅の間には有意

な正の相関(相関係数  $r = 0.614$ )が得られたことから、第1年輪の仮道管長の差は主として肥大生長の差によるものと考えられる。そこで、仮道管長と有意な相関の得られた髄からの年輪番号と距離を変数とした重回帰分析を行い次の回帰式を得た。

$$Y = 1.282 + 0.0445X_1 + 0.0196X_2 \quad (1)$$

Y: 仮道管長 (mm)

$X_1$ : 髄からの年輪番号

$X_2$ : 髄からの距離 (mm)

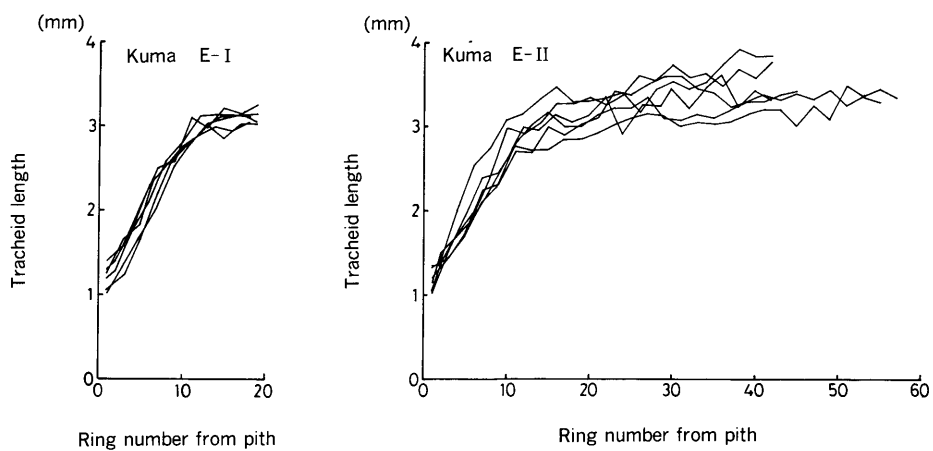


Fig. 6. Variation of tracheid length at Kuma District.

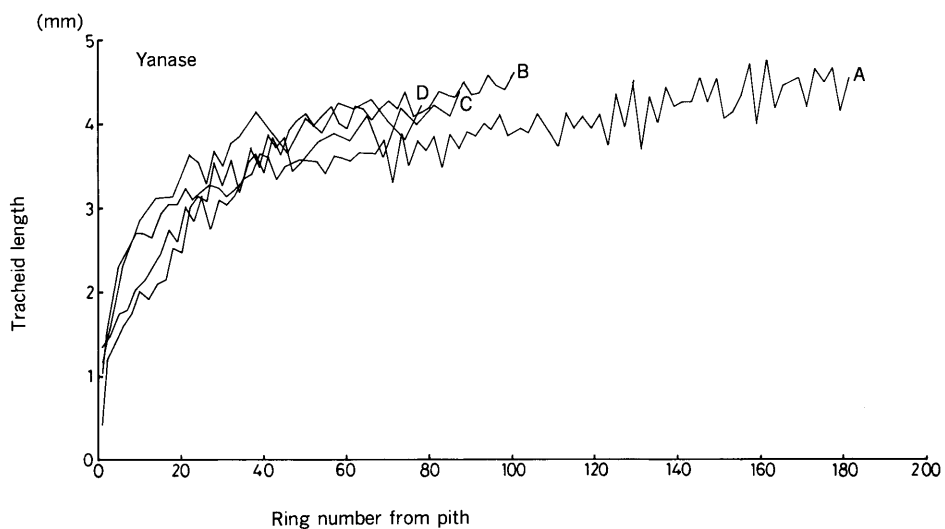


Fig. 7. Variation of tracheid length at Yanase District.

Table 4. Correlation coefficient table (juvenile wood).

	Ring number from pith	Distance from pith	Tracheid length of the first ring	Tracheid length of juvenile wood
Ring number from pith		0.611**	0.001	0.772**
Distance from pith			0.058	0.866**
Tracheid length of the first ring				0.069

\*\* Significant at 1% level

重相関係数  $R = 0.919$  で、仮道管長に対する偏相関係数は髄からの年輪番号が  $r = 0.614$ 、髄からの距離が  $r = 0.784$  で共に有意であった。相対的には髄からの距離の影響の方が大きいことがわかった。

この回帰式より推定した仮道管長と実測の仮道管長との関係を Fig. 8 に示した。未成熟材部の仮道管

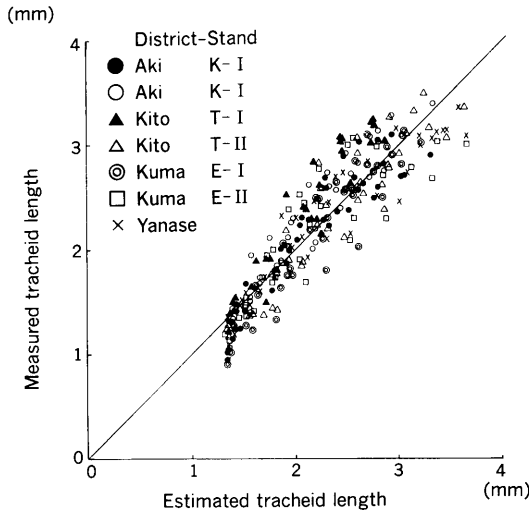


Fig. 8. Relationship between estimated and measured tracheid lengths of juvenile wood.

長は近似的にはこれら2つの因子により(1)式から推定でき、天然木のように初期の生長が悪く成熟に達するまでに長期間を要する材にも適用できる。

次に成熟材部の仮道管長に影響を与える因子としては、第1に年輪幅が考えられる。成熟材部の仮道管長と年輪幅の間には相関は認められないとする報告<sup>7)</sup>もあるが、負の相関関係が認められるとの報告<sup>8)9)</sup>が多く重要な因子の1つである。

第2に年輪数が増えられる。Panshin<sup>10)</sup>によれば、仮道管長が最大に達する髄からの年輪数はその樹種の寿命と関連があると報告されており、本研究に用いた供試木のように成熟材部においても仮道管長が一定にならず年輪数の増加とともに徐々に伸長する材では年輪数も仮道管長に対する影響因子の1つになりうる。なお、成熟に達するまでの年輪数は生長状態によって著しく異なるので、ここでは成熟材部の初めからの年輪数で検討した。

さらに、成熟材部の初めからの距離と成熟材部の初めの年輪の仮道管長が増えられる。成熟材部の仮道管長を成熟材部の初めからの距離の関数として示したのが Fig. 9 である。両者の間には各直線とも高

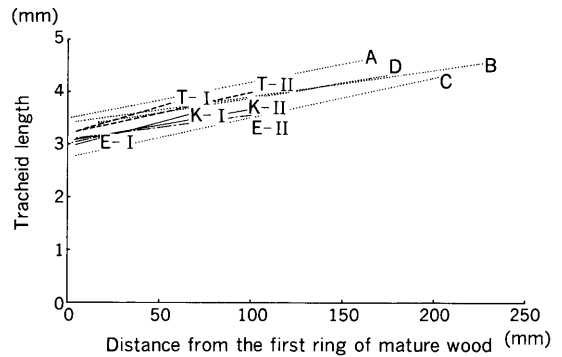


Fig. 9. Relationship between distance from the first ring of mature wood and tracheid length.

い正の相関が得られた。そして、各直線はほぼ平行しており、ある距離での仮道管長の差は成熟材部の初めの年輪の仮道管長の差が大きく影響していることがわかる。

又、円周の増加率が仮道管長変動因子の1つとして考えられる。Bannan<sup>11)</sup>は年輪幅と仮道管長との負の相関を偽横分裂の頻度によって説明している。しかし、同じ年輪幅の生長でも髄からの距離が小さい場合と大きい場合では偽横分裂の頻度は異なるものと考えられる。すなわち、髄からの距離が小さい時は同じ半径生長量に対する円周の増加率が大きく偽横分裂の頻度も増大するものと考えられる。従って、仮道管長に対する生長の影響をみる場合には年輪幅よりも円周の増加率の方が適切であろう。なお、円周の増加率は半径の比として表されるので髄からある年輪の外側までの半径を  $r_n$ 、年輪の内側までの半径を  $r_{n-1}$  とした。

以上5つの因子を取りあげ相関分析した結果を Table 5 に示した。仮道管長と各変動因子の間にはいずれも1%の危険率で有意性が認められた。しかし、仮道管長と年輪幅との関係は有意ではあるが相関係数は小さいこと、 $r_n/r_{n-1}$  と仮道管長との間には高い相関があること、さらに年輪幅と  $r_n/r_{n-1}$  とは高い相関が認められることから、仮道管長に対する肥大生長の影響は年輪幅よりも  $r_n/r_{n-1}$  で表す方が適切と考え変動因子より年輪幅を除いた4因子について重回帰分析を行った。その結果、重相関係数  $R = 0.897$  が得られた。それぞれの変動因子の仮道管長に対する偏相関係数は成熟材部の初めからの年輪番号  $r = 0.090$ 、成熟材部の初めからの距離  $r = 0.672$ 、成熟材部の初めの年輪の仮道管長  $r = 0.721$ 、 $r_n/r_{n-1}$   $r = -0.130$  であった。相対的に成熟材部の初めからの距離と成熟材部の初めの年輪の影響が大

Table 5. Correlation coefficient table (mature wood).

	Ring number from the first ring of mature wood	Ring width	Distance from the first ring of mature wood	Tracheid length of the first ring of mature wood	$r_n/r_{n-1}$	Tracheid length of mature wood
Ring number from the first ring of mature wood		-0.437**	0.723**	0.271**	-0.532**	0.694**
Ring width			-0.230**	-0.070	0.797**	-0.262**
Distance from the first ring of mature wood				0.009	-0.550**	0.722**
Tracheid length of the first ring of mature wood					-0.154**	0.534**
$r_n/r_{n-1}$						-0.530**

$r_n$ : Radius from pith to an outer ring      \*\* Significant at 1% level  
 $r_{n-1}$ : Radius from pith to an inner ring

であり,  $r_n/r_{n-1}$  の影響は小さいことがわかった。なお, 成熟材部の初めからの年輪番号の偏相関係数は有意でなかった。そこで, 成熟材部の初めからの距離, 成熟材部の初めの年輪の仮道管長,  $r_n/r_{n-1}$  の3因子による重回帰分析の結果, 次の回帰式が得られた。

$$y = 1.762 + 0.0063x_1 + 1.011x_2 - 0.0167x_3 \quad (2)$$

$y$ : 仮道管長 (mm)

$x_1$ : 成熟材部の初めからの距離 (mm)

$x_2$ : 成熟材部の初めの年輪の仮道管長 (mm)

$x_3$ :  $r_n/r_{n-1}$  ( $r_n$ : 髄から  $n$  番目の年輪の外側までの半径,  $r_{n-1}$ : 髄から  $n$  番目の年輪の内側までの半径)

この回帰式より求めた推定仮道管長と実測仮道管長の関係を Fig. 10 に示した。

成熟に達した時の仮道管長は 0.70 mm~3.49 mm の範囲であった。(1) 式より髄からの距離が同じでも年輪数の多い年輪の方が仮道管長は長いことがわかる。又, 生長のよい木頭地方のスギが早く成熟に達する傾向が認められるが, 生長が悪くとも成熟するものもあり今後の検討課題である。一般に生長の良い材は材質指標が悪いようであるが, 仮道管長に関しては生長の良い方が仮道管長の長い材が得られる。又, 円周の増加率と負の相関が認められることは, 年輪幅が極端に広がるような場合に肥大生長

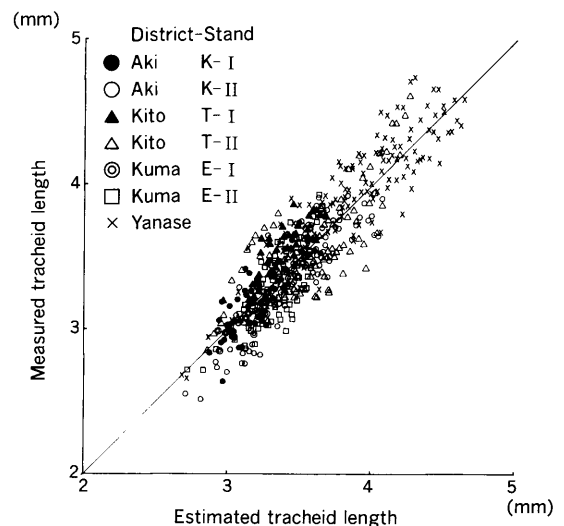


Fig. 10. Relationship between estimated and measured tracheid lengths of mature wood.

の影響があるものと考えられる。

(本研究の一部は昭和59-60年度科学研究費補助金一般研究C, (研究代表者: 岩神正朗)によって行われた)

## 文 献

- 1) 藤原新二, 中山義雄, 岩神正朗: 木材学会誌,



- 30(1), 9-16 (1984).
- 2) 藤原新二: 高知大学農学部紀要, **40**, 1-58 (1983).
  - 3) Philipson, W. R.; Ward, W. R.; Butterfield, B. G.: "The Vascular Cambium: Its Development and Activity", Chapman and Hall, London, 1971. p. 64-66.
  - 4) Bisset, I. J. W.; Dadswell, H. E.; Wardrop, A. B.: *Australian Forestry*, **15** (1), 17-30 (1951).
  - 5) Richardson, S. D.: *Tappi*, **44** (3), 170-173 (1961).
  - 6) 須藤彰司: 木材学会誌, **14** (1), 1-5 (1968).
  - 7) 須藤彰司: 同上, **15** (6), 241-246 (1969).
  - 8) Chalk, L.: *Forestry*, **4**, 7-14 (1930).
  - 9) 幡克美: 日本林学会誌, **32**, (1), 1-7 (1950).
  - 10) Panshin, A. J.; de Zeeuw, Carl: "Textbook of Wood Technology", McGraw-Hill, New York, 1964. p. 240.
  - 11) Bannan, M. W.: *Can J Botany*, **32**, 466-479 (1954).