HOKKAIDO UNIVERSITY

| | |
|---|---|
| Title | 中部地方における人工植栽スギ材の生長状況と理学的性質との関係：第5報 春・秋材の容積密度数，繊維飽和点及び体積収縮率について |
| Author(s) | 矢沢，亀吉；深沢，和三 |
| Citation | 北海道大學農學部 演習林研究報告，20(1)，93-117 |
| Issue Date | 1959-07 |
| Doc URL | https://hdl.handle.net/2115/20769 |
| Type | departmental bulletin paper |
| File Information | 20(1)_P93-117.pdf |

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

# 中部地方における人工植栽スギ材の生長状況と理学的性質との関係

## 第5報　春・秋材の容積密度数，繊維飽和点及び体積収縮率について*

矢沢亀吉
深沢和三

# Studies on the Relation between Physical Properties and Growth Condition for Planted Sugi (*Cryptomeria japonica* D. Don) in Central District of Japan

## (V) On the Specific Gravity, Fiber Saturation Point and Volumetric Shrinkage of the Spring- and Summerwood

By

Kamekichi Yazawa and
Kazumi Fukazawa

目　次

頁
I. まえがき …… 94
II. 供試木及び試験方法 …… 94
III. 試験成績 …… 95
1. 春・秋材容積密度数のばらつき …… 95
2. 春・秋材容積密度数の平均値及び比 …… 99
3. 春・秋材容積密度数の水平的分布 …… 100
4. 年輪幅と春・秋材容積密度数との関係 …… 102
5. 春・秋材の繊維飽和点 …… 104
6. 春・秋材の体積収縮率と $\alpha_v/R$ …… 106
IV. まとめ …… 112
引用ならびに参考文献 …… 113
Summary …… 115

* 本研究の概要は昭和33年4月，第6回日本木材学会大会で発表した。
矢沢亀吉　北海道大学農学部林産学科　教授　林学博士
深沢和三　岐阜大学農学部林学科　助手

## I. まえがき

私達は表記の題目で，第1報から第4報[21),22),23),24)]までに人工植栽スギ材の生材含水率の分布，辺・心材の存在状態，比重の分布，体積収縮率，年輪幅及び秋材率などと生長経過との関係を発表した。前報[24)]で比重の分布を年輪幅及び秋材率と関連させて考えたとき，比重と秋材率の間には必ずしも強い関連があるとは考えられなかつた。そのためこの問題の解明には春材及び秋材の比重のばらつき及び分布をみる必要があるのではないかと考え，本報の研究に着手した。その外に本報では春・秋材の体積収縮率及び繊維飽和点ならびにこの両者の関係についても調査した。

供試木の採取及び標準地の調査にさいしては，当時の名古屋営林局作業課長長沼勇及び岡崎営林署長上田克彦の両氏から多大の好意を得た。ここに厚く感謝の意を表する。また測定その他成績のとりまとめには当時の岐阜大学農学部林学科学生金子一男，長谷川一男及び村井義典の諸氏の助力を得た。ここにその労にたいして厚く感謝する。

## II. 供試木及び試験方法

供試木は前報までのものと同じであり，すなわち名古屋営林局岡崎営林署くらがり国有林の人工植栽スギ林において地位1等地（礫質壌土），3等地A（植質壌土）及び3等地B（礫質壌土）から優勢木をそれぞれ2本ずつ採取したもので，樹齢は43～60年である。本報ではそれらのうちI号木（1等地），III号木（3等地A）及びVI号木（3等地B）の3本を用いた。これらの供試木の成長経過および標準地の状況は第1報[21)]および第2報[22)]にゆずり，ここには主として供試木の外形について示せばTable 1のとおりである。

Table 1.　Description of sample trees.

| Site class | No. of trees | Age (Year) | Height (m) | D.b.h. (cm) | Volume* ($m^3$) | Max. diameter of crown (m) | Soil |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | I | 54 | 24.6 | 35.5 | 1.088 | 4.6 | Sandy loam |
| 3 A | III | 60 | 14.5 | 23.5 | 0.346 | 4.0 | Clayey loam |
| 3 B | VI | 43 | 13.4 | 15.0 | 0.127 | 2.8 | Sandy loam |

* Volume was computed by the formula of Smalian's sectional measurement.

各供試木の地上1.3 mの円盤（生長経過，年輪幅及び秋材率を調査したもの）から南北方向の径を中心としてその両側から幅約2 cmの材を2箇とり，一方から春材，他方から秋材を年輪ごとに分離して試験片とした。春・秋材の分離にあたつては，先ず曲率半径のそれぞれ異なるノミで年輪ごとに分割，つぎに春材をとる場合には秋材を，秋材をとる場合には春材を小刀で削りとり，全供試木で春材202箇，秋材203箇の試験片を作製した。

試験片の大きさは大体繊維方向45～50 mm，板目方向15～20 mm，柾目方向は各年輪によつて異なるがほぼ0.4～4 mmである。

繊維飽和点の測定は，各供試木の南側すなわちS方向からとつた材片（春材87箇，秋材80箇）について行つた。円盤から試験片を作成した直後の気乾状態のものを底に清水を入れて器内を飽湿状態に保つたデシケーター内に入れ机上に放置して平衡重量に達せしめた。試験片は凹凸に曲げた針金に柾目方向を上下としてたてかけ，むらなく早く吸湿させるようにした。デシケーター内に放置した期間は昭和32年7月9日から同年10月18日までの約3箇月間，恒量になつたことを確めた後その重量を測定した。その後気乾を経て電気定温乾燥器で絶乾状態に導き，絶乾重量を測定した。その後清水に5日間浸漬して飽湿重量を測定，充分飽湿状態になつたことを認めたうえ飽湿容積を測定した。その後気乾に達してから再び絶乾状態に導き，絶乾容積を測定した。

その他の試験片は，最初電気定温乾燥器で絶乾にして絶乾重量を測定，後各湿度を経て清水に3～5日間浸漬して飽湿容積を測定，後再び絶乾にして絶乾容積を測定した。重量の測定には1 mgまで読みうる化学天秤，容積の測定には0.003 $cm^3$まで読み得るブルイユの水銀測容器を使用した。

容積密度数，繊維飽和点及び体積収縮率の計算式及び簡単のため以後の図表に用いる略語としての記号を記せば次のとおりである。

$$R:\ \text{容積密度数}\ (kg/m^3)=\frac{\text{絶乾時重量}}{\text{飽湿時容積}}$$

$$\text{F.S.P.:}\ \ \text{繊維飽和点}\ (\%)=\frac{\text{関係湿度100\%における平衡重量}-\text{絶乾時重量}}{\text{絶乾時重量}}\times 100$$

$$a_v:\ \text{体積収縮率}\ (\%)=\frac{\text{飽湿時容積}-\text{絶乾時容積}}{\text{飽湿時容積}}\times 100$$

## III. 試　験　成　績

### 1. 春・秋材容積密度数のばらつき

春・秋材各供試材片の容積密度数を20 $kg/m^3$の階級にわけ，各階級における供試材片の出現率を求めて，これから供試木別に頻度率分布図を描くとFig. 1～3のとおり，全供試木についてまとめたものはFig. 4のとおりである。また全供試木のものを辺・心材に分類して描くとFig. 5のとおりである。

また，そのばらつきから統計的諸数値を求めるとTable 2のとおりである。

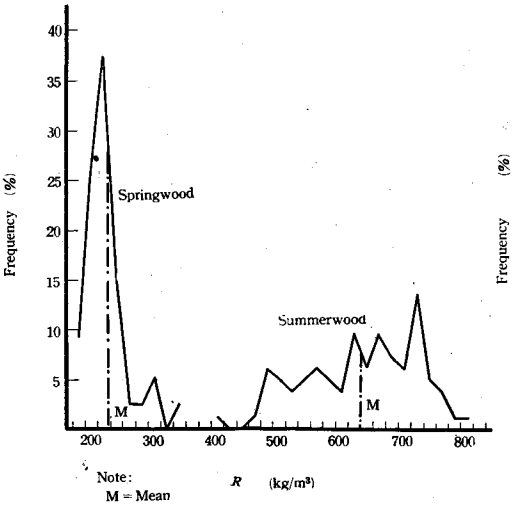



**Fig. 1.** Frequency distribution curve of $R$ in tree I.

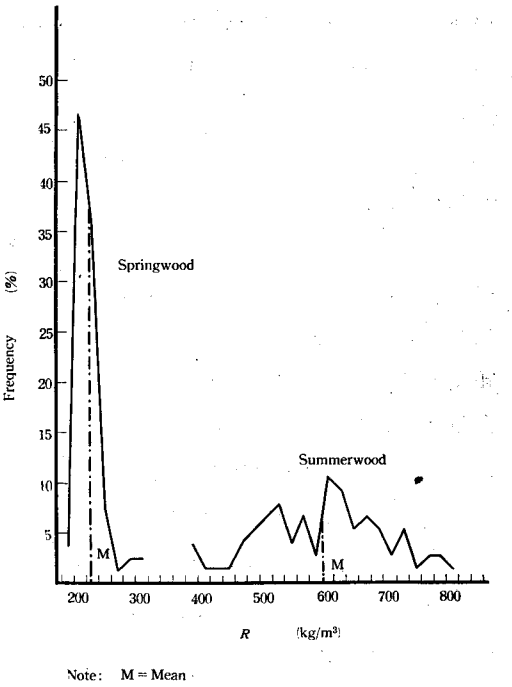



**Fig. 2.** Frequency distribution curve of $R$ in tree III.

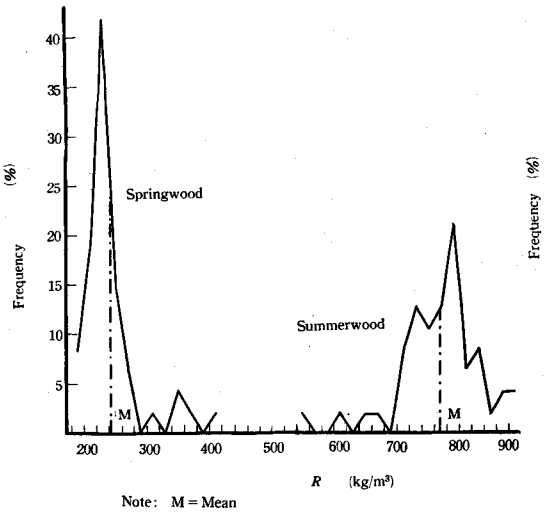



**Fig. 3.** Frequency distribution curve of $R$ in tree VI.

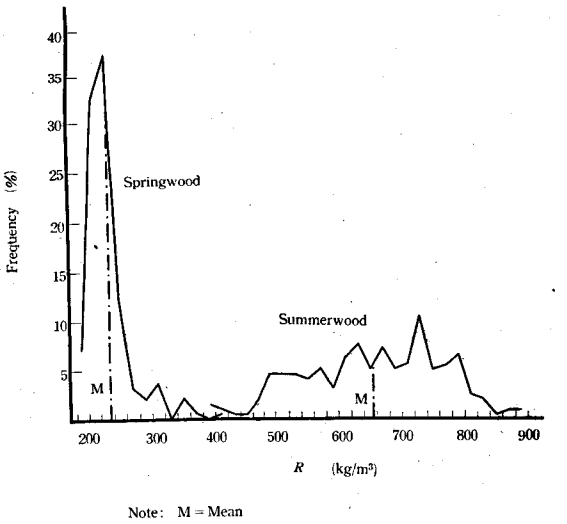



**Fig. 4.** Frequency distribution curve of $R$ in total trees.

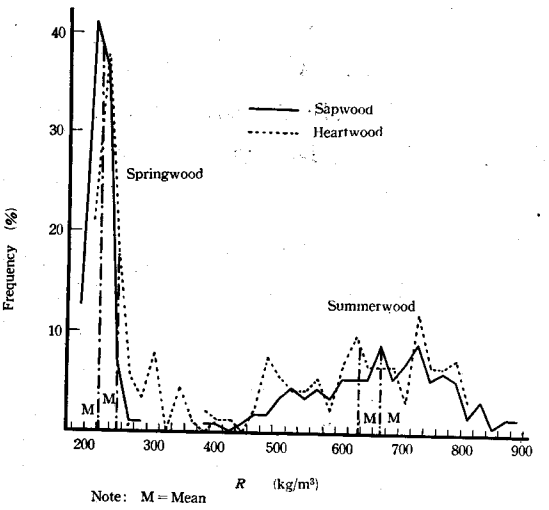



**Fig. 5.** Frequency distribution curve of $R$ of sap- and heartwood in total trees.

**Table 2.** Statistical values of $R$.

| Spring-or summer-wood | No. of trees or sap- and heartwood | Number of measure-ment | Mean (kg/m³) | Max. (kg/m³) | Min. (kg/m³) | Standard deviation (kg/m³) | Mode (kg/m³) | Coefficient of variation |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Spring-wood | I | 75 | 236± 4.0 | 360 | 195 | 34±2.8 | 230 | 14.4 |
| | III | 79 | 225± 2.6 | 315 | 196 | 23±1.8 | 210 | 10.2 |
| | VI | 48 | 242± 8.0 | 418 | 184 | 55±5.6 | 230 | 22.7 |
| | Total sapwood | 112 | 220± 1.7 | 296 | 184 | 18±1.2 | 210 | 8.2 |
| | Total heartwood | 90 | 249± 4.4 | 418 | 202 | 42±3.1 | 230 | 16.9 |
| | Total springwood | 202 | 233± 2.4 | 418 | 184 | 34±1.7 | 230 | 14.6 |
| Summer-wood | I | 82 | 640± 6.6 | 802 | 414 | 59±4.6 | 730 | 9.2 |
| | III | 74 | 600±11.9 | 809 | 385 | 102±8.4 | 610 | 17.0 |
| | VI | 47 | 768±11.2 | 894 | 550 | 76±7.9 | 790 | 9.9 |
| | Total sapwood | 111 | 671±10.2 | 894 | 388 | 108±7.3 | 670<br>730 | 16.1 |
| | Total heartwood | 92 | 636±11.5 | 813 | 385 | 111±8.2 | 730 | 17.5 |
| | Total summerwood | 203 | 655± 7.7 | 894 | 385 | 110±5.5 | 730 | 16.8 |

Note
Tree No. I: Site class 1
Tree No. III: Site class 3 A
Tree No. VI: Site class 3 B

これらの図表から次のことが認められる。

Fig. 1～3 から各供試木別に春材と秋材の頻度率分布多角形をみると両者は交叉していないことが認められる。すなわち両材の容積密度数分布多角形のへだたりはI号木で60 kg/m³，III号木で80 kg/m³，VI号木で140 kg/m³を示しており，地位の悪いほど大きい。いままでに発表された他の研究者の報告では，VINTILA[14]は欧洲産針葉樹 Douglasie, Kiefer, Lärche 及び Tanne について春・秋材の比重分布多角形は交わらないことを報告しており，著者の一人矢沢[20]はアカマツ，スギ，オビスギ，ネズコ，トドマツ及びグイマツで両者は交叉しないことを報告した。しかしPAUL[9]はアメリカ産 Southern pine 4種について又蕪木[2]は北海道産トドマツについて両者の分布多角形は交わることを報告している。このことは試料の採取位置，樹齢及び地位などに左右されるものか，あるいは樹種的な特性によるものかは明らかにされていない。TRENDELENBURG 及び MAYER-WEGELIN[13]は樹種により特性があるのではないかと述べている。しかし Fig. 1～3 からわかるように，春・秋材の容積密度数分布多角形は供試木別ではへだたつているが，供試木により分布範囲に相当の差が認められ，各供試木を総括した Fig. 4 では両者の分布多角形は僅かに交わつてくることが認められる。また Fig. 5 に示すように，辺・心材別に総括したものは，心材において春・秋材容積密度数分布多角形のへだたりはみられず，僅かに交叉していることが認められる。このように異なつた地位から多くの試料をとる場合には単木の場合とは異なつてくることが認められよう。

春材の容積密度数の分布は秋材にくらべて範囲は狭く，規則的な単峯型の左偏形を示し，そのモードは秋材にくらべて一般にいちじるしく大きい。これに反し秋材の容積密度数の分布範囲は広く不規則な多峯型をなし，その分布曲線は右偏形が多い。また Table 2 からわかるように，春材の標準偏差は秋材のそれよりいずれもはるかに少ない。しかし容積密度数の平均値は春材が秋材の約 1/3 の値を示しているので，変化係数は個樹によつてまちまちな数値を示し，秋材と春材とのあいだに大小の差異は認められない。すなわち変化係数は全春材で14.6%，全秋材で16.8% を示し，大差がない。

容積密度数の分布を辺・心材別にみると，Fig. 5 及び Table 2 からわかるように春材では心材の方が分布範囲が広く，標準偏差は辺材 18 kg/m³，心材 42 kg/m³ で心材は辺材の約 2.3 倍である。心材の容積密度数は辺材より約 1.1 倍しか大きくないので，変化係数は心材 16.9%，辺材 8.2% で心材の方が約 2 倍の値を示している。秋材では辺・心材で標準偏差は差がほとんどみられず，容積密度数平均値は辺材の方が約 1.05 倍大きいだけなので，変化係数は辺材 16.1%，心材 17.5% と両者のあいだに明らかな差は認められない。このように辺材の春材だけが，辺材の秋材，心材の春・秋材よりも変化係数は小さく，他三者の約 1/2 の値を示した。

## 2. 春・秋材容積密度数の平均値及び比

各供試木について春・秋材容積密度数の平均値を再掲すると共に辺・心材別の値ならびに両者の比を求めたものはTable 3のとおりである。

**Table 3.** Mean of $R$ and ratio for $R$ of springwood to summerwood.

| No. of trees | Sap- or heartwood | Springwood | | | Summerwood | | | Summerwood / Springwood |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Mean (kg/m³) | Sapwood / Heartwood | Number of measurement | Mean (kg/m³) | Sapwood / Heartwood | Number of measurement | |
| I | Sapwood | 219 | 0.9 | 36 | 671 | 1.1 | 39 | 3.1 |
| | Heartwood | 251 | | 39 | 612 | | 43 | 2.4 |
| | Total | 236 | | 75 | 640 | | 82 | 2.7 |
| III | Sapwood | 217 | 0.9 | 46 | 585 | 0.9 | 42 | 2.7 |
| | Heartwood | 237 | | 33 | 619 | | 32 | 2.6 |
| | Total | 225 | | 79 | 600 | | 74 | 2.7 |
| VI | Sapwood | 225 | 0.8 | 30 | 790 | 1.1 | 30 | 3.5 |
| | Heartwood | 269 | | 18 | 728 | | 17 | 2.7 |
| | Total | 242 | | 48 | 768 | | 47 | 3.2 |
| Total trees | Sapwood | 220 | 0.9 | 112 | 671 | 1.1 | 111 | 3.1 |
| | Heartwood | 249 | | 90 | 636 | | 92 | 2.6 |
| | Total | 233 | | 202 | 655 | | 203 | 2.8 |

Table 3から次のことが認められる。

春材容積密度数の算術平均値はI号木236 kg/m³, III号木225 kg/m³及びVI号木242 kg/m³であり，秋材容積密度数の算術平均値はI号木640 kg/m³, III号木600 kg/m³及びVI号木768 kg/m³を示していずれもIII, I, VI号木の順に大きくなつている。これは先に報告した第3報[23]で，春・秋材に分離しない通常材の容積密度数算術平均値が，I号木366 kg/m³, III号木333 kg/m³及びVI号木392 kg/m³でIII, I, VI号木の順に大きくなつていた傾向と一致している。

辺・心材容積密度数の差異をみると，全供試木の春材では辺材220 kg/m³, 心材249 kg/m³で辺材は心材の0.9倍であり，供試木別でも辺材は心材の0.8～0.9倍で心材の方が大きい値を示した。秋材では全供試木で辺材671 kg/m³, 心材636 kg/m³で春材と逆に辺材は心材の1.1倍の値を示した。しかし供試木別ではI, VI号木は辺材の容積密度数が心材の1.1倍であつたが，III号木の辺材は心材の0.9倍で心材の方が大きい値を示した。先に第3報[23]で通常材の容積密度数の算術平均値は全供試木で辺材が338 kg/m³, 心材が351 kg/m³となり，辺材の方が心材より小さいことを報告した。また通常材の秋材率は第4報[23]の測定原表から全供試木の平均で辺材12.9%，心材11.8%を示した。このように秋材

率は辺材の方がむしろ大きく，また秋材の容積密度数は辺材が心材より大きな値を示すのに通常材の容積密度数は辺材が心材よりも小さいのは，春材の心材容積密度数が辺材のそれより大きいことに影響されているためとみて好いのではないかと思われる。

春・秋材容積密度数の比を供試木ごとの総括値でみると，I，III号木は2.7，VI号木は3.2，全供試木では2.8を示した。VI号木が最大の値を示したことから地位の悪い所で生育し，しかも比重の重い樹では，春・秋材容積密度数の比が大きいということがいえるかもしれないが，それには今後なお多くの資料が必要であろう。

著者の一人矢沢[20]は先に主要針葉樹について春・秋材容積密度数の比は，アカマツ2.20，ネズコ2.07，ダグラスファー2.24，スギ2.48，オビスギ2.46，トドマツ1.65，グイマツ2.47となりスギの比が大きいことを報告している。また TRENDELENBURG 及び MAYER-WEGELIN の著書[13]について VINTILA，PAUL など多くの研究者の求めた数値をみると春・秋材容積密度数の比が最大なのはダグラスファーの2.7 (SIIMES, 1938) であるので，本報告のスギ2.8はこれよりも更にやや大きい値を示している。すなわちスギは春材が秋材よりも著しく比重が小さい樹種であり，これはスギの特性の一端を暗示するものとみなすことができよう。そして本報のスギのこの比が特に大きくなつたのは，その春材の容積密度数が平均233 kg/m³で，他の樹種にくらべて[13),20)]はなはだ小さい値を示したことが一因である。

春・秋材容積密度数の比を辺・心材別にみると，全供試木の平均値で辺材3.1，心材2.6であり，各供試木別でもいずれも辺材の方が心材より大きい。すなわち辺材の方が心材よりも春・秋材の比重の差が著しい。TRENDELENBURG 及び MAYER-WEGELIN の著書[13]によると，VINTILA は Kiefer で両材の容積密度数の比は辺材2.3，心材2.2を示し，MÜLLERSTOLL は同じく Kiefer で両材の絶乾比重の比は辺材2.7，心材2.4を示し，また TRENDELENBURG は Lärche で両材の容積密度数の比は辺材2.5，心材1.9を与えていずれも辺材の方が大きな値を示している。同氏は，心材化するにしたがい両比重の比はいくらか小さくなるが，それは心材化にさいして特に春材の比重が比較的に強く増加するからであると述べている[13]。そしてこのことは本報の結果と好く一致している。

### 3. 春・秋材容積密度数の水平的分布

横軸に髄心からの年輪数をとり，縦軸に容積密度数をとつて各供試木の地上1.3 m部における南北 (S, N) 両方向の春・秋材容積密度数の水平的分布を示すとFig. 6～8のとおりである。なおこれらの図には参考のため，第3報[23]及び第4報[24]の原表から地上1.3 m部の円盤における通常材の容積密度数（図中のG.R）及び秋材率（図中のS）の変化をかかげた。通常材の容積密度数は本報の供試円盤に隣接した円盤から，原則として5年輪ずつに分割して辺・心材別にとつた試験片について測定したものである。また春・秋材の容積密

度数及び秋材率は前記のように各年輪について求めたものであるが，本図では比較のため通常材の試験片の年輪数にあわせて括約平均した値で示したものである。

Fig. 6～8 から次のことが認められる。

第4報[24]で年輪幅，秋材率，容積密度数及び材積生長が樹齢によりどのように変化す

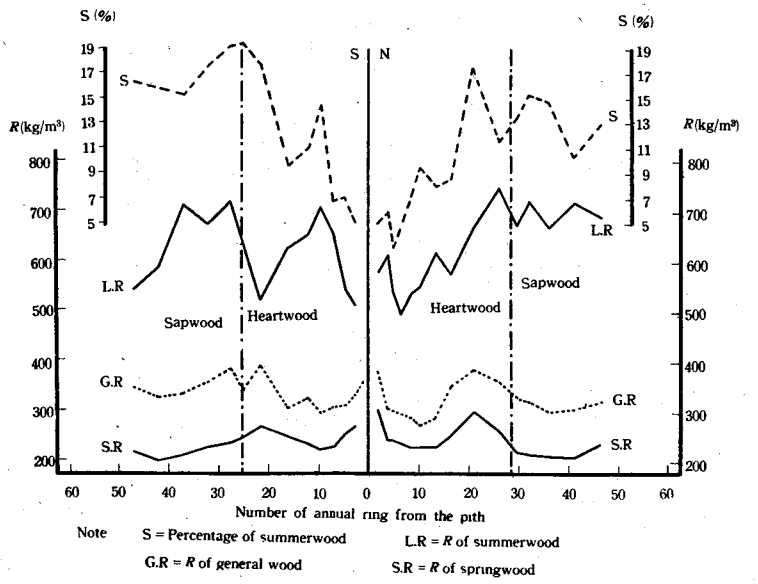



**Fig. 6. Variation of *R* and percentage of summerwood in relation to tree age in the breast height disk of tree I.**

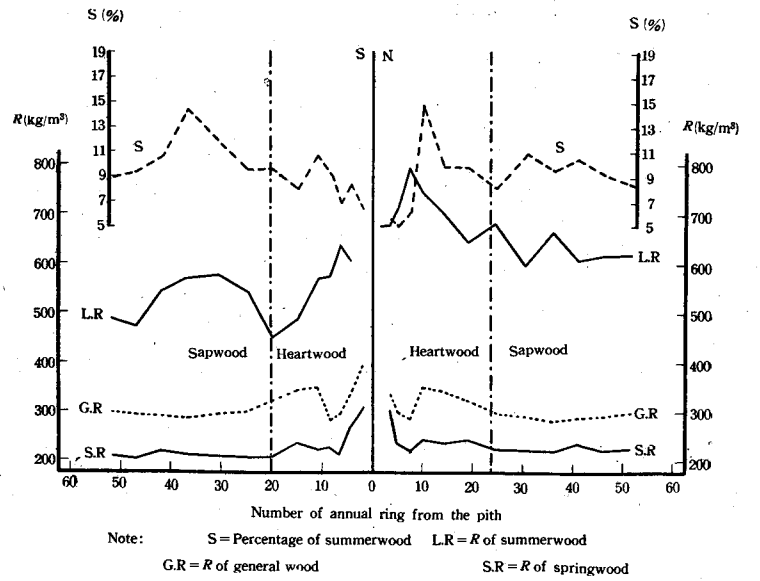



**Fig. 7. Variation of *R* and percentage of summerwood in relation to tree age in the breast height disk of tree III.**

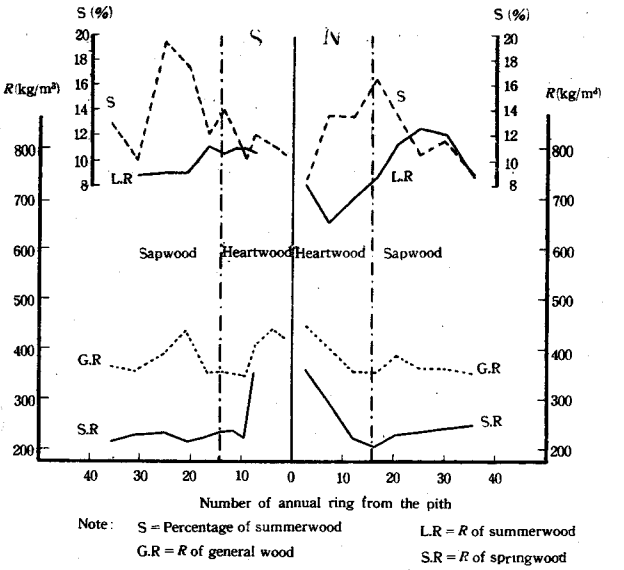



**Fig. 8.　Variation of *R* and percentage of summerwood in relation to tree age in the breast height disk of tree VI.**

るかということを比較考察した。その結果容積密度数と秋材率の傾向は必ずしも一致せずむしろ容積密度数は材積生長と逆の関係にあり，この影響の方が秋材率の影響より強いように思われることを報告した。Fig. 6～8 でも，通常材の容積密度数と秋材率の傾向が必ずしも合致しないことが伺われよう。

いま春・秋材容積密度数の分布傾向を通常材容積密度数の傾向と比較してみると，春材のそれと通常材のそれは，好く近似していることが認められる。秋材のそれは春材と通常材の関係に比べるとさほど密接な関係がみとめられない。このことから通常材の容積密度数にたいして春材容積密度数の大小が支配的な役割を果しているのではないかと思われる。また第4報[24]で報告した通常材容積密度数が材積生長と逆の関係にあるということから，材積生長が好い年は春材の細胞膜が薄く形成されて春材の容積密度数は小さくなり，材積生長の悪い年はその逆になることが推論されるように思われる。なお PAUL[9] は Loblolly pine について，春材の容積密度数は髄心から外側に向かつてゆるやかに下降するか，または平行線を示し，秋材の容積密度数は髄心から外側に向かつて上昇を示すと報告している。

### 4. 年輪幅と春・秋材容積密度数との関係

春・秋材各供試材片の属する年輪幅の階級を 0.5 mm ごとにわけ，その各階級ごとに容積密度数の平均値を辺・心材別に求め図示すると Fig. 9 のとおりである。図中の数字は供試材片数を示す。

Fig. 9 から次のことが認められる。

辺材は年輪幅が3.5 mm以下であり，その春・秋材はともに年輪幅1～2 mmのところに供試材片数が集中しているのではつきりしたことはいえないが，春材では3 mmまで容積密度数は減少の傾向，秋材では3.5 mmまで増加の傾向を示しているようである。

心材では逆に供試材片は1～12.5 mmの広い年輪幅の範囲に分散しており，一つの階級にある箇数が少ないので正しい関係を示しているかどうか疑問にも思えるが，Fig. 9から春材の容積密度数は年輪幅3.5 mmまで増加し，以後減少してそのまま9 mmぐらいまで多少の増減はあるが大体平行線をたどり，10 mm以上，これは髄の近くの年輪幅が広い部分と思われるが，この部分でまた増加していることが認められよう。秋材の容積密度数は第1節でも述べたように春材にくらべて増減の幅が大きいことがここでも認められるが大体において3.5 mmまでは増加し，以後凹凸はあるが12.5 mmまで減少する傾向があるように思える。

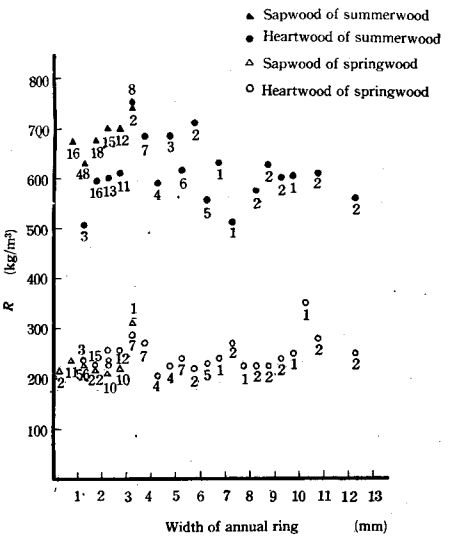



**Fig. 9.　Relation between width of annual ring and *R*.**

さきに第4報[24]で年輪幅と秋材率の間の相関係数は辺材 −0.462，心材 −0.958を示し，また年輪幅と通常材の容積密度数の関係は相関係数辺材 −0.404，心材 −0.450を示したことを報告し，秋材率が容積重に強い影響を及ぼしているならば年輪幅と容積密度数の関係はもつと高度の相関を示すのではないかと考えられるが，実際には認められなかつた。このことから秋材率のほかに他の因子が容積重に影響しているのであろうと述べた。上述の春・秋材容積密度数の年輪幅による変化の相違が，一つの因子として通常材の容積密度数に影響しているものと思われるが多数の試料による今後の研究にまちたいと思う。

蕪木[2]はトドマツについて，年輪幅と春・秋材容積密度数の間の相関係数は各樹により正負の符号がまちまちで，一次的関係はみいだされないと述べている。また YLINEN[15] はフインランドの Kiefer について，春・秋材全乾比重は辺・心材共年輪幅の増加と共に減少し，辺・心材一緒にして次の関係式を与えている。

$$r_{f0} = 0.326\,\frac{1+0.397\,j}{1+0.477\,j}$$

$$r_{s0} = 1.362\,\frac{1+0.185\,j}{1+0.415\,j}$$

ただし　$r_{f0}$：春材の全乾比重 g/cm³
　　$r_{s0}$：秋材の全乾比重 g/cm³
　　$j$：年輪幅 mm

また Fig. 9 から同一年輪幅における容積密度数は大体において春材では心材の方が辺材よりも大きく，秋材では逆に辺材の方が心材よりも大きいことが認められる。第3報[23]で通常材の容積密度数は，同一年輪幅において心材の方が辺材よりも大きく，また第4報[24]で秋材率は同一年輪幅において，大体心材の方が辺材よりも大きな数値を示したことを報告した。このように同一年輪幅において秋材率は心材の方が辺材よりも大きいが秋材の容積密度数は辺材の方が心材よりも大きいので，春材における心材の容積密度数が辺材よりも大きいこと (Table 2) が，ここでも通常材の容積密度数に影響していることが伺われると思う。

### 5. 春・秋材の繊維飽和点

繊維飽和点の測定法については今までも数多く報告[1),9),10),16)]されているが，本報では試験方法のところで述べたように気乾材片を飽和湿度のデシケーター中に放置して恒量になつたときの含水率を求めて繊維飽和点とした。

繊維飽和点の測定値のばらつきをみるために，測定値を春・秋材別に2%の階級にわけ，その出現箇数から頻度率を求めると Fig. 10 のとおりである。またそのばらつきから統計的諸数値を求めると Table 4 のとおりである。Table 4 には辺・心材別の統計的諸数値もかかげた。

Fig. 10 及び Table 4 から次のことが認められる。

春・秋材の繊維飽和点の分布はいずれも右偏形を示した。春材の繊維飽和点の分布の範囲は秋材のそれよりも広く，したがつて標準偏差は春材 2.7%，秋材 1.8% を示し，春材が秋材の 1.5 倍の大きさを示した。繊維飽和点の平均値は春材 26.3%，秋材 24.8% を示し

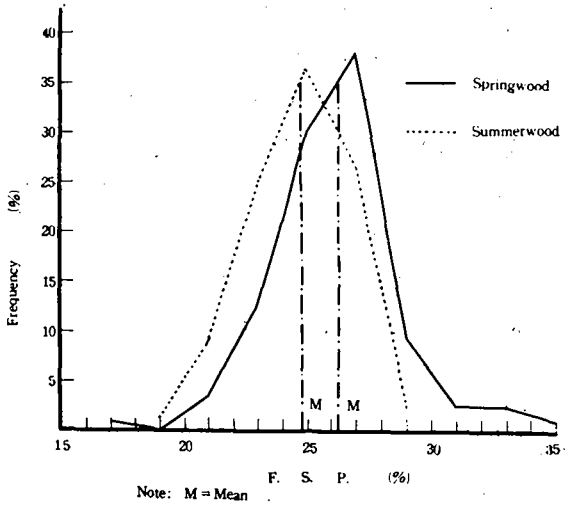



**Fig. 10.　Frequency distribution curve of F.S.P.**

Table 4. Statistical values of F.S.P.

| Spring- or summer-wood | Sap- or heartwood | Number of measurement | Mean (%) | Max. (%) | Min. (%) | Standard deviation (%) | Mode (%) | Coefficient of variation |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Spring-wood | Sapwood | 54 | 26.6±0.3 | 30.1 | 21.9 | 1.9±0.2 | 27.0 | 7.1 |
| | Heartwood | 33 | 25.9±0.6 | 34.2 | 17.5 | 3.6±0.4 | 27.0 | 13.8 |
| | Total | 87 | 26.3±0.3 | 34.2 | 17.5 | 2.7±0.2 | 27.0 | 10.1 |
| Summer-wood | Sapwood | 49 | 24.4±0.3 | 29.2 | 20.5 | 2.2±0.2 | 25.0 | 8.9 |
| | Heartwood | 31 | 25.4±0.3 | 28.5 | 22.3 | 1.7±0.2 | 25.0 | 6.6 |
| | Total | 80 | 24.8±0.2 | 29.2 | 20.5 | 1.8±0.1 | 25.0 | 7.3 |

春材が秋材の1.06倍の数値を示した。ゆえに変化係数は春材10.1，秋材7.3となり，春材の方が秋材の1.4倍であつた。春材の方が秋材よりも平均値，モード共に大きく，ばらつきも大きいことが認められる。

繊維飽和点の分布を辺・心材別にみると，Table 4からわかるように春材では心材の方が辺材より分布範囲が広く，標準偏差，変化係数共に約2倍の数値を示した。秋材では逆に辺材の方が心材より分布範囲が広かつたが，標準偏差では約1.3倍，変化係数で約1.4倍しか辺材が大きくなく，春材ほどの差はみられなかつた。繊維飽和点の平均値は，春材で辺材26.6%，心材25.9%で，辺材の方が約1.03倍大きく，秋材では辺材24.4%，心材25.4%で逆に心材が約1.04%倍大きな数値を示した。この平均値の差が少ないこと及びモードが同一であつたことからみても，繊維飽和点の辺・心材別の差異に有意な差異があるとは思われない。しかし容積密度数の平均値がTable 2にも示したように春材では辺材の方が心材より小さく，秋材では辺材の方が心材より大きく，繊維飽和点と逆な傾向がみられた。すなわち容積密度数の小さい材が繊維飽和点が大きいようにみうけられたが，このことについてはさらに今後の研究にまちたいと思う。

春・秋材別のスギの繊維飽和点は従来研究されたものは本報以外にないようであるが，スギ通常材の繊維飽和点について今までに発表されたものを参考のためにあげれば，泉[1]は収縮膨張及び圧縮強度から平均24.02%を与え，田中[10]は福岡県産スギについて圧縮強度から辺材23.55%，心材22.60%，平均23.1%を与え，また小原[4]は吉野産スギについて辺材26.7%，心材27.8%を与えている。これらの値によればスギ通常材の繊維飽和点は本研究の春・秋材の繊維飽和点と大体において近似していることがわかる。

繊維飽和点の供試木別の平均値をあげるとTable 5のとおりである。

Table 5から次のことが認められる。

繊維飽和点の平均値は春材の辺材でIII>VI>I，春材の心材でIII>I>VI，秋材の辺・

Table 5. Mean values of F.S.P. of individual tree.

| No. of trees | Springwood | | | | Summerwood | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Sapwood (%) | N | Heartwood (%) | N | Sapwood (%) | N | Heartwood (%) | N |
| I | 25.6 | 18 | 26.8 | 13 | 25.3 | 19 | 26.3 | 12 |
| III | 27.1 | 23 | 27.2 | 12 | 24.5 | 19 | 25.6 | 11 |
| VI | 26.9 | 13 | 22.6 | 8 | 22.7 | 11 | 23.9 | 8 |

N: Number of measurement.

心材ではI>III>VIとなつた。春材の辺材を除けばいずれもVI号木の繊維飽和点が最小の値を示したことは，Table 2から認められるようにVI号木の容積密度数が各材のうちで最大の値を示しており，このことが吸湿能力に影響しているか，あるいはI，III号木は心材黒色の樹であり，VI号木が心材赤色の樹であつたことから，いわゆるクロスギの方がアカスギよりも繊維飽和点が大きな値を示すのかということなどが考えられる。しかし試験片数も少なく，これらの関連の有無を決定することは困難であり，さらに多くの試料による今後の研究にまちたい。

### 6. 春・秋材の体積収縮率と $\alpha_v/R$

全供試材片について飽湿容積にもとづき飽湿時から絶乾時までの体積収縮率を求めた。各供試木，各材部別の体積収縮率の平均値，辺・心材の比，春・秋材の比及び容積密度数との比 ($\alpha_v/R$) を求めるとTable 6のとおりである。Table 6の $\alpha_v/R$ は，表中の体積収縮率平均値と容積密度数の平均値から求めたものであり，また容積密度数はTable 3と同一であるが，$\alpha_v/R$ の数値の関係から単位は g/cm³ を用いた。なお試験片数はTable 3と同

Table 6. Volumetric shrinkage ($\alpha_v$).

| No. of trees | Sap- or heartwood | Springwood | | | | Summerwood | | | | $\alpha_v$ of summerwood / $\alpha_v$ of springwood |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $\alpha_v$ (%) | Sapwood / Heartwood | $R$ (g/cm³) | $\alpha_v/R$ | $\alpha_v$ (%) | Sapwood / Heartwood | $R$ (g/cm³) | $\alpha_v/R$ | |
| I | Sapwood | 11.8 | | 0.219 | 53.9 | 18.4 | | 0.671 | 27.4 | 1.6 |
| | Heartwood | 9.7 | 1.2 | 0.251 | 38.6 | 15.8 | 1.2 | 0.612 | 25.8 | 1.6 |
| III | Sapwood | 12.3 | | 0.217 | 56.7 | 18.3 | | 0.585 | 31.3 | 1.5 |
| | Heartwood | 9.7 | 1.3 | 0.237 | 40.9 | 15.4 | 1.2 | 0.619 | 24.9 | 1.6 |
| VI | Sapwood | 11.1 | | 0.225 | 49.3 | 17.9 | | 0.790 | 22.7 | 1.6 |
| | Heartwood | 9.0 | 1.2 | 0.269 | 33.5 | 14.2 | 1.3 | 0.728 | 19.5 | 1.6 |
| Total | Sapwood | 11.8 | | 0.220 | 53.6 | 18.2 | | 0.671 | 27.1 | 1.5 |
| | Heartwood | 9.6 | 1.2 | 0.249 | 38.6 | 15.4 | 1.2 | 0.636 | 24.2 | 1.6 |
| Total average | | 10.8 | | 0.233 | 46.4 | 16.9 | | 0.655 | 25.8 | 1.6 |

じでありここでは省略する。

Table 6 から次のことが認められる。

体積収縮率の全平均値は秋材 16.9%，春材 10.8% となり，秋材が春材の 1.6 倍の数値を示した。各供試木の辺・心材共，秋材の体積収縮率は春材のそれの 1.5～1.6 倍の値を示した。秋材の体積収縮率が春材のそれより大きいことは今までの研究[5),13),14),20)]でも明らかであり，春・秋材体積収縮率の比を他樹種についてみると，著者の一人矢沢[20)]はアカマツ 1.95，愛知県産スギ 1.96，オビスギ 2.50，ネズコ 2.09，トドマツ 1.65，グイマツ 2.42，ダグラスファー 2.69 と報告し，VINTILA[14)]は Douglasie 2.28, Kiefer 1.74, Lärche 2.02, Tanne 1.75 と報告している。上記の他樹種の数値と比べると本報告の 1.5～1.6 の数値は最小の値を示している。Table 3 に示した本報告スギの春・秋材容積密度数の比が 2.8であり，前述したように他の樹種よりも大きかつたことを考えると，本報告のスギの体積収縮率の比は他の樹種にくらべて，春・秋材容積密度数の差異による影響のされかたがすくないのではないかと考えられる。

体積収縮率の平均値を辺・心材別にみると，全供試木で春材では辺材 11.8%，心材 9.6% で辺材の方が心材の 1.2 倍大きい。秋材でも辺材 18.2%，心材 15.4% で辺材の方が心材の 1.2 倍大きい。各供試木についてみても春・秋材共に辺材の体積収縮率が心材のそれよりも 1.2～1.3 倍大きな値を示した。これは第 2 報[22)]に発表した通常材の体積収縮率が辺材 11.06%，心材 9.54% であり，辺材は心材の約 1.2 倍の数値を示したのとよく一致している。ただし通常材の体積収縮率の絶対値は春材の収縮率に近似し，秋材のそれよりもかなり小さいことが認められるがその理由については今にわかには明らかにできない。さて Table 3 に示したように容積密度数は春材では辺材＜心材，秋材では辺材＞心材であつた。これから Table 6 に示す辺・心材の体積収縮率は秋材では容積密度数の大小に影響されているともみられるが，春材では容積密度数の大きさに依存せず，体積収縮率の差は辺・心材に固有な性質の相違によるものと考えることができよう。

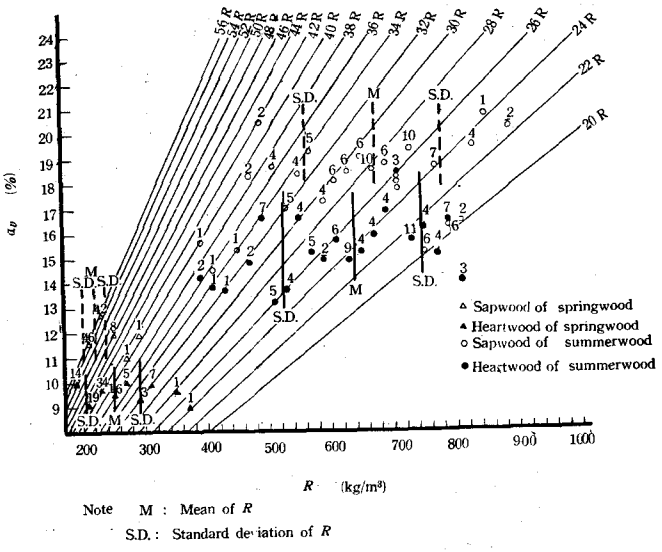
$a_v/R$ は各供試木共，春材辺材＞春材心材＞秋材辺材＞秋材心材となつたが，この値については後述する。

つぎに体積収縮率と容積密度数の関係をみるため，全供試材片を辺・心材別に容積密度数 20 kg/m³，すなわち 0.02 g/cm³ の階級にわけ，各階級ごとに体積収縮率の平均値ならびに $a_v/R$ を求めたものを示せば Table 7 のとおりである。本表の $a_v/R$ を求めるにあたり，$R$ としては各階級の中央値を用いた。またこれらの関係を図示すれば Fig. 11 のとおりである。

Fig. 11 の中の M 及び S.D. 線は Table 2 に示した容積密度数の平均及び標準偏差線であり，そのうち破線は辺材，実線は心材を示す。測点に附記した数字は試験片数を示す。

Table 7. $\alpha_v$ and $\alpha_v/R$ in relation to $R$.

| | $R$ (g/cm³) | Sapwood | | | Heartwood | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $\alpha_v$ (%) | $\alpha_v/R$ | Number of specimens | $\alpha_v$ (%) | $\alpha_v/R$ | Number of specimens |
| Springwood | 0.181～0.200 | 10.0 | 52.6 | 14 | — | — | — |
| | 0.201～0.220 | 11.6 | 55.2 | 46 | 9.1 | 43.3 | 19 |
| | 0.221～0.240 | 12.7 | 55.2 | 42 | 9.7 | 42.2 | 34 |
| | 0.241～0.260 | 11.9 | 47.6 | 8 | 9.5 | 38.0 | 16 |
| | 0.261～0.280 | 11.0 | 40.7 | 1 | 10.0 | 37.0 | 5 |
| | 0.281～0.300 | 11.9 | 41.0 | 1 | 9.3 | 32.1 | 3 |
| | 0.301～0.320 | | | | 9.9 | 31.9 | 7 |
| | 0.321～0.340 | | | | — | — | — |
| | 0.341～0.360 | | | | 9.6 | 27.4 | 4 |
| | 0.361～0.380 | | | | 9.0 | 24.3 | 1 |
| | 0.381～0.400 | | | | — | — | — |
| | 0.401～0.420 | | | | 16.3 | 39.8 | 1 |
| Summerwood | 0.381～0.400 | 15.6 | 40.0 | 1 | 14.2 | 36.4 | 2 |
| | 0.401～0.420 | 14.5 | 35.4 | 1 | 13.8 | 33.7 | 1 |
| | 0.421～0.440 | — | — | — | 13.7 | 31.9 | 1 |
| | 0.441～0.460 | 15.3 | 34.0 | 1 | — | — | — |
| | 0.461～0.480 | 18.3 | 38.9 | 2 | 14.8 | 31.5 | 2 |
| | 0.481～0.500 | 20.5 | 41.8 | 2 | 16.6 | 33.9 | 7 |
| | 0.501～0.520 | 18.7 | 36.7 | 4 | 13.2 | 25.9 | 5 |
| | 0.521～0.540 | 17.0 | 32.1 | 5 | 13.7 | 25.8 | 4 |
| | 0.541～0.560 | 18.4 | 33.5 | 4 | 16.6 | 30.2 | 4 |
| | 0.561～0.580 | 19.3 | 33.9 | 5 | 15.2 | 26.7 | 5 |
| | 0.581～0.600 | 17.3 | 29.3 | 4 | 14.9 | 25.3 | 2 |
| | 0.601～0.620 | 18.1 | 29.7 | 6 | 15.7 | 25.7 | 6 |
| | 0.621～0.640 | 18.5 | 29.4 | 6 | 14.9 | 23.7 | 9 |
| | 0.641～0.660 | 19.1 | 29.4 | 6 | 15.2 | 23.4 | 4 |
| | 0.661～0.680 | 18.6 | 27.8 | 10 | 15.9 | 23.7 | 4 |
| | 0.681～0.700 | 18.8 | 27.2 | 6 | 16.9 | 24.5 | 4 |
| | 0.701～0.720 | 17.8 | 25.1 | 8 | 18.5 | 26.1 | 3 |
| | 0.721～0.740 | 19.4 | 26.6 | 10 | 15.7 | 21.5 | 11 |
| | 0.741～0.760 | 15.2 | 20.3 | 6 | 16.2 | 21.6 | 4 |
| | 0.761～0.780 | 18.7 | 24.3 | 7 | 15.1 | 19.6 | 4 |
| | 0.781～0.800 | 16.3 | 20.6 | 6 | 16.5 | 20.9 | 7 |
| | 0.801～0.820 | 16.4 | 20.2 | 2 | 14.0 | 17.3 | 3 |
| | 0.821～0.840 | 19.5 | 23.5 | 4 | | | |
| | 0.841～0.860 | 20.8 | 24.5 | 1 | | | |
| | 0.861～0.880 | 20.3 | 23.3 | 2 | | | |
| | 0.881～0.900 | 26.3 | 29.6 | 2 | | | |




Note　M : Mean of $R$
S.D. : Standard deviation of $R$

**Fig. 11.　Relation between $R$ and $a_v$.**

測定原表をみると容積密度数はかなりのばらつきを示し，また同一容積密度数階の体積収縮率もかなりのばらつきを示すので断定的な結論を導くことは困難であるが，平均値で示した Table 7 および Fig. 11 から次のことが認められよう。

1)　同一容積密度数では，春・秋材ともに辺材は心材よりも体積収縮率および $a_v/R$ は大きいことが認められる。これは第2報[22]で通常材の体積収縮率および $a_v/R$ は，辺材が心材よりも大きい値を示したこととその傾向が一致している。

2)　春・秋材別，辺・心材別にみると，いずれの場合も $a_v/R$ の値は容積密度数が増すにつれて減少する傾向を示している。これは容積密度数が増加する場合，体積収縮率がきわめてわずかに増加するか或いはほとんど増減を示さないことに因るものと思われる。

なお TRENDELENBURG[12] は Kiefer の根の通常材について，根株からの距離が遠くなるにつれて容積密度数が減少し，すなわち根株の $R$ は 389 kg/m³ であるのに対し，根株から 10 m 離れた根部は $R$ が 263 kg/m³ でその $a_v/R=49$ であることを示している。これは本報の Table 6 においてスギ春材の平均容積密度数が 233 kg/m³ で $a_v/R=46.4$ であるのと似ており，このことから春材の容積密度数や体積収縮率は通常材における根の先端部の比重の軽い材部に似たものがあるようである。

3)　通常材の体積収縮率と容積密度数との関係については，今日まで両者はほぼ比例関係にあると報告されている。たとえば NEWLIN-WILSON[7] は多くの樹種についての実験式は $a_v=28\,R$ であると報告している。本研究のスギにおいても第2報[22]で報告したように，通常材の体積収縮率は容積密度数の増加につれてある限度までは大きくなり，同一容

積密度数では辺材の方が心材より大きいことを示した。蕪木[3]はトドマツ，エゾマツなどについて両者の関係が直線的な部分とそれからはずれる部分から成立つており，すなわち容積密度数の増加方向にしたがつて体積収縮率は初めその勾配をまし，ついでほぼ一定になつて直線的に推移しある限度で減少方向をたどる傾向があり，その大さと範囲は樹種および材種によつて異なつた値を示したことを報告している。また VINTILA[14] は Douglasie, Kiefer, Lärche, Tanne の春・秋材の収縮率を研究し，体積，板目，柾目の各収縮率は容積密度数が増せば大になることを述べている。

本研究のスギにあつては Table 7 および Fig. 11 をみると，容積密度数と体積収縮率の関係はあまり明らかではない。それで Table 7 にもとづいて，容積密度数の階級をもつと大きくして，各階級における体積収縮率の平均値を求めてみると Table 8 のとおりである。

**Table 8.**　Relation between $R$ and $\alpha_v$.

| Springwood | | | | Summerwood | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Sapwood | | Heartwood | | Sapwood | | Heartwood | |
| $R$ (g/cm³) | $\alpha_v$ (%) | $R$ (g/cm³) | $\alpha_v$ (%) | $R$ (g/cm³) | $\alpha_v$ (%) | $R$ (g/cm³) | $\alpha_v$ (%) |
| 0.181～0.220 | 11.8(60)* | 0.201～0.240 | 9.4(53)* | 0.381～0.460 | 15.1(3)* | 0.381～0.460 | 13.6(4)* |
| 0.221～0.260 | 12.3(50) | 0.241～0.280 | 9.8(21) | 0.461～0.540 | 18.6(9) | 0.461～0.540 | 14.6(18) |
| 0.261～0.300 | 11.5(2) | 0.281～0.320 | 9.6(10) | 0.541～0.620 | 18.5(19) | 0.541～0.620 | 15.6(17) |
| | | | | 0.621～0.700 | 18.8(28) | 0.621～0.700 | 15.7(21) |
| | | | | 0.701～0.780 | 17.8(31) | 0.701～0.780 | 16.4(22) |
| | | | | 0.781～0.860 | 18.2(13) | 0.781～0.820 | 15.3(10) |
| | | | | 0.861～0.900 | 23.3(4) | | |

* The number in parentheses indicates number of specimens.

Table 8 によれば，秋材の心材では $R$ が増すにつれて $\alpha_v$ は大きくなるが $R$ が最大の近くでは $\alpha_v$ はやや減少している。秋材の辺材および春材の辺・心材では両者の関係はあまり明らかでないが，大体において初め $R$ が増すにつれて $\alpha_v$ はわずかに大きくなるか或いはほとんど同大のままであり，$R$ がさらに大きくなると $\alpha_v$ はやや減少する傾向があるように思われる。

4)　$\alpha_v/R$ について 1939 年に TRENDELENBURG[12),13)] は，通常材についてのこの値がほぼ木材の繊維飽和点を示すと述べている。もしこのことが春・秋材に分離した材片についてもあてはまるとするならば，前記の本報の数値からみて繊維飽和点は春材が秋材よりも，また辺材が心材よりも著しく大きくなるべきである。しかし本報で求めた繊維飽和点は Table 4 に示すように，春材辺材 26.6%，春材心材 25.9%，秋材辺材 24.4% 及び秋材心材 25.4% であつてたがいに大差はなく，秋材の $\alpha_v/R$ (辺材 27.1，心材 24.2) は繊維飽和点の数値とやや近似した値を示すが，春材の $\alpha_v/R$ (辺材 53.6，心材 38.6) は繊維飽和点より著

しく大きいことが認められる。それで春・秋材に分離したときには $a_v/R$ が繊維飽和点を示すということは，本研究の数値からは全面的には認めることができない。

VINTILA[14] は春・秋材に分離した材片の $a_v/R$ は Douglasie 春材 34.0，秋材 29.8，Kiefer 春材 35.5，秋材 28.0，Lärche 春材 32.0，秋材 25.5，Tanne 春材 33.0，秋材 27.4 となつたことを報告し，この事実から $a_v/R$ が春材は秋材に比して一般に大きいことを認め，もし $a_v/R$ がほぼ結合水の量を示すものとすると，春材は秋材に比してその結合水が高くなければならぬが，これはむしろ春材と秋材とに分離した材においては $a_v/R$ は結合水を示すという説が成立たないと解釈するのが一層本当らしいと述べている。しかし同氏の論文では春材と秋材とについての結合水もしくは繊維飽和点の実験は行つていない。

なお著者の一人矢沢[16] は樺太産木材その他の通常材すなわち春・秋材に分離しない材について研究し，繊維飽和点は従来のように大体含水率が 20～35% もしくはその大部分は 25～30% の点にあるとみなして差支えがないが，$a_v/R$ は繊維飽和点よりも分布範囲が広く著者の実験と調査によると 11.2～43.0 にわたり，従つて $a_v/R$ と繊維飽和点とは樹種あるいは材種によつては必ずしも一致するとは思われないことを報告している。

TIEMANN[11] は木材の膨張と吸着水の容積ならびに材片の密度との関係について次のように述べている。すなわち「細胞的構造をもつ物体の膨張には，1) 孔隙の大さは変化せずに材片は吸着水の容積に比例して膨張する場合，2) 孔隙は材片のすべての部分と同じ割合で大きくなり，全膨張量は材片の密度に無関係で単に含水率の増加に比例する場合，3) 孔隙は小さくなり，材片の膨張は全体として吸着水の容積よりも小さく，膨張の多くの部分が内部的に行われる場合の 3 種類の可能性がある。そして 2) の場合には材片全体としては吸着水の容積よりもずつと多く膨張することが可能である。これはちよつと考えると矛盾するように聞えようが，しかし事実である。なぜならば細胞壁がうすくなるほど吸着水の容積はますますすくなくなるだろうが材片の膨張は厚い細胞壁の場合または孔隙がない充実体とさえも同じであるに違いないからである。」

以上が TIEMANN の説であるが，ただし同氏は実験値は示していない。さて本研究のスギ春材ならびに先に引用した Kiefer の根の先端部やその他トドマツおよびその側根，イエロー・ポプラーなどのような通常材のあるものにおいて，$a_v/R$ が繊維飽和点よりも著しく大きいことの事実[16] は TIEMANN の上記の 2) の説によつて説明することができるのではないかと思われる。なお繊維飽和点が $a_v/R$ とほぼ近似すると認められる多くの樹種の材は TIEMANN の前記 1) の場合でこれは TRENDELENBURG の説と同じ場合であり，またトドマツ，エゾマツ枝条のあて材，イチイの心材，ブラック・アイアンウツド，マスチック，レッド・ストッパーなどのように $a_v/R$ が繊維飽和点よりも著しく小さい材[16] は TIEMANN の前記 3) の説によつて主としてその理由を説明することができるものと考えられる。

## IV. ま と め

前報までと同様に愛知県くらがり国有林産人工植栽スギについて今回は春・秋材に分離した各材部の容積密度数，繊維飽和点及び体積収縮率の変化などを調べた。供試木はI号木（地位1等地，礫質壌土），III号木（地位3等地A，植質壌土）及びVI号木（地位3等地B，礫質壌土）の3本である。本報の結果を要約すると次のとおりである。

1) 容積密度数の頻度率分布多角形を供試木別にみた場合，春材及び秋材の分布多角形は交わらなかつた。両者のへだたりはI号木で60 kg/m³，III号木で80 kg/m³，VI号木で140 kg/m³を示した。しかし全地位の供試木をまとめた場合及び辺・心材別に総括した場合は心材における両者の分布多角形がわずかに交わつた。(Fig. 1～5)

2) 標準偏差は春材が秋材よりも小さいが，変化係数は両者の間に大きな差異が認められない。辺・心材別にみた場合，変化係数は春材の辺材が春材の心材及び秋材の辺・心材の数値の約1/2の値を示した。(Table 2)

3) 春材の容積密度数は，辺材が心材の0.8～0.9倍を示し，秋材の容積密度数はIII号木を除き，辺材が心材の1.1倍を示した。第3報で通常材の容積密度数は心材が辺材より大きいことを報告したが，秋材率から考えても，春材の心材の重いことが通常材の心材の容積密度数に影響しているものと思われる。(Table 3)

4) 春・秋材容積密度数の比は全供試木の平均で2.8であつた。この値は今までに報告された他樹種の値に比較すると最大であり，これは本報のスギ春材の$R$が平均233 kg/m³で特に軽いことによるところが大きいものと思われる。春・秋材容積密度数の比を辺・心材についてみると，辺材3.1，心材2.6を示し辺材の方が心材よりも大きかつた。(Table 3)

5) 樹高1.3 m部における円盤の春・秋材容積密度数の水平的分布をみると，春材の容積密度数の大小は通常材の容積密度数の分布とよく近似していることが認められた。秋材容積密度数及び秋材率の分布も参照して考えると，スギ樹幹における通常材の容積密度数の大小の分布傾向は，春材の容積密度数の大小に大きく影響されるもののように思われる。(Fig. 6～8)

6) 年輪幅と春・秋材容積密度数の関係を辺・心材別にみると年輪幅の増加にともない容積密度数は辺材の春材では3 mmまで大体減少，辺材の秋材は3.5 mmまで増加の傾向を示しており，心材の春材では大体3.5 mmまで増加，以後減少して9 mmまで平行，10 mm以上でまた増加する傾向，心材の秋材では大体3.5 mmまで増加，以後だんだん減少する傾向があるもののように思われる。(Fig. 9)

7) 繊維飽和点の平均値は春材26.3%，秋材24.8%を示し，また標準偏差及び変化係数は共に春材の方が秋材よりも大きな値を示した。(Fig. 10及びTable 4)

8) 秋材の体積収縮率は春材のそれよりも，辺・心材共に約1.5～1.6倍大きな値を示した。また辺・心材別にみると春・秋材共，辺材の体積収縮率は心材のそれにたいして1.2～1.3倍の値を示した。(Table 6)

9) $a_v/R$ の平均値は春材が46.4，秋材が25.8で春材は秋材よりもはるかに大きな値を示した。同一容積密度数では，春・秋材ともに辺材は心材よりも体積収縮率および $a_v/R$ は大きいことが認められる。また春・秋材別ならびに辺・心材別にみると，いずれの場合も $a_v/R$ の値は容積密度数がますにつれて減少する傾向を示した。

10) $a_v/R$ がほぼ繊維飽和点を示すという説の妥当性を，春材と秋材とに分離した材片について実験により検討したところによれば，秋材では両者の値がやや近似しているが春材では $a_v/R$ の方が繊維飽和点よりもきわめて大きい値になり，したがつて少なくとも春材ではこの説が成立するとは認められなかつた。そしてこの春材の $a_v/R$ が繊維飽和点よりも著しく大きいのは，TIEMANN[11] が細胞的構造の物体の膨張の可能性に三場合があると説いたうちの一つで「孔隙は材片のすべての部分と同じ割合で大きくなり，全膨張量は材の密度に無関係で単に含水率の増加に比例する場合」に該当するものであろうと思われる。

## 引用ならびに参考文献


1) 泉　岩太：本邦産並びに輸入主要樹種に於ける木材水分の繊維飽和点に就いて．林試報告，**38**，34 (1942).

2) 蕪木自輔：木材材質の森林生物学的研究，第1報，野幌産トドマツ材の生材含水率，容積密度数及び収縮変形に関する春・秋材部別観察．林試研報，**46**，37 (1950).

KABURAGI, Z.: Forest-biological studies on the wood quality. Report 1. On the moisture content, the bulk density of the early- and late-wood of green Todo-fir grown at Nopporo district in Hokkaido and their shrinkage. Bull. Gov. For. Exp. Stat. **46**, 37 (1950).

3) 蕪木自輔：木材材質の森林生物学的研究，第13報，北海道野幌地方における造林木の容積収縮率のあらわれかた．林試研報，**90**，109 (1956).

KABURAGI, Z.: *do.*, Report 13, On the volumetric shrinkage of wood of the planted trees grown at Nopporo district in Hokkaido. Bull. Gov. For. Exp. Stat. **90**, 109 (1956).

4) 小原二郎：吉野樽丸材の吸水性．第1報，木材工業，**4**，127 (1949).

5) KOLLMAN, F.: Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe. 1. Bd., Berlin (1951).

6) 宮部　宏：材料の湿気的性能．早大理工研報，第1輯 (1944).

7) NEWLIN, J. A. & WILSON, T. R. C.: The relation of the shrinkage and strength properties of wood to its specific gravity. U. S. Dept. Agr. Bull. 676 (1919).

8) 太田　基：膨潤及び乾縮過程から求めた竹材の繊維飽和点について．九大演報，**24**，61 (1955).

ŌTA, M.: On the fiber-saturation point obtained from the effect of the moisture content on the swelling and shrinkage of Bamboo splint. Bull. Kyushu Univ. For. **24**, 61 (1955).

9) PAUL, B. H.: Variation in the specific gravity of the springwood and summerwood of four species of Southern pines. Jour. For. **37**, 478 (1939).

10) 田中文雄：繊維飽和点に関する一考察．日林誌，**17**，536 (1935).

TANAKA, F.: A consideration on the fiber saturation point. Jour. Jap. For. Soc. **17**, 536 (1935).

11) TIEMANN, H. D.: Wood Technology. 3rd ed. London (1951).

12) TRENDELENBURG, R.: Über Fasersättigungsfeuchtigkeit, Schwindmass und Raumdichtezahl wichtiger Holzarten. Holz als Roh- u. Werks. **2**, 1 (1939).

13) TRENDELENBURG, R. und H. MAYER-WEGELIN: Das Holz als Rohstoff. München (1955).

14) VINTILA, E.: Untersuchungen über Raumgewicht und Schwindmass von Früh- und Spätholz bei Nadelhölzern. Holz als Roh- u. Werks. **2**, 10 (1939).

15) YLINEN, A.: Über den Einfluß des Spätholzanteils und der Jahrringbreite auf die Rohwichte beim finnischen Kiefernholz. Holz als Roh- u. Werks. **9**, 12 (1951).

16) 矢沢亀吉: 樺太産主要木材の繊維飽和点, 収縮率及び絶乾比重に就いて. 日林誌, **24**, 499 (1942).
YAZAWA, K.: Über die Fasersättigungsfeuchtigkeit, Schwindmass und Raumgewicht wichtiger Holzarten Südsachalins. Jour. Jap. For. Soc. **24**, 419 (1942).

17) 矢沢亀吉: ヒノキ, サハラ樹体各部における生材比重, 含水率, 絶乾比重, 収縮率及び辺・心材等に就いて. 岐阜農専学報, **52**, 37 (1944).
YAZAWA, K.: Über Raumgewicht, Feuchtigkeit, Schwindmass, Splint und Kern von Hinoki (*Chamaecyparis obtusa* SIEB. et ZUCC.) und Sawara (*Chamaecyparis pisifera* SIEB. et ZUCC.) in den verschiedenen Baumteilen. Res. Bull. Gifu Coll. Agr. **52**, 37 (1944).

18) 矢沢亀吉: スギの樹幹及び枝条における辺・心材別の生材比重, 絶乾比重, 生材含水率並びに体積収縮率等に就いて. 岐阜農専学報, **68**, 145 (1950).
YAZAWA, K.: Specific gravity when green and when oven-dry, moisture content in green condition, volumetric shrinkage of sapwood and heartwood in trunk and branches of Sugi (*Cryptomeria japonica* D. DON). Res. Bull. Gifu Coll. Agr. **68**, 145 (1950).

19) 矢沢亀吉・橋 茂・岩田広俊: アカマツの樹幹, 枝条における生材含水率, 比重, 体積収縮率及び春・秋材別の比重, 生材含水率等について. 日林誌, **33**, 34 (1951).
YAZAWA, K., TATE, S. and IWATA, H.: Research on specific gravity, water content in the green condition, volumetric shrinkage for trunk and branches and the specific gravity, water content in the green condition, volumetric shrinkage of the springwood and summerwood of Japanese red pine (*Pinus densiflora* S. et Z.). Jour. Jap. For. Soc., **33**, 34 (1951).

20) 矢沢亀吉: 針葉樹材に於ける春材と秋材の比重並びに体積収縮率について. 岐阜大農研報, **2**, 42 (1953).
YAZAWA, K.: On the specific gravity, volumetric shrinkage of the springwood and summerwood of softwood in Japan. Res. Bull. Fac. Agr. Gifu Univ. **2**, 42 (1953).

21) 矢沢亀吉・深沢和三: 中部地方における人工植栽スギ材の生長状況と理学的性質との関係. 第1報, 生材含水率の分布状態. 木材誌, **2**, 204 (1956).
YAZAWA, K. and FUKAZAWA, K.: Studies on the relation between physical properties and growth condition for planted Sugi (*Cryptomeria japonica* D. DON) in central district of Japan. Report 1, On the distribution of moisture content. Jour. Jap. Wood Res. Soc. **2**, 204 (1956).

22) 矢沢亀吉・深沢和三・中島静緒: 中部地方における人工植栽スギ材の生長状況と理学的性質との関係. 第2報, 生長経過, 辺・心材, 門線帯及び体積収縮率について. 岐阜大農研報, **8**, 67 (1957).
YAZAWA, K., FUKAZAWA, K. and NAKASHIMA, S.: *do.*, Report 2, On the growing process, sap- and heartwood, white colour zone and volumetric shrinkage. Res. Bull. Fac. Agr. Gifu Univ. **8**, 67 (1957).

23) 矢沢亀吉・深沢和三：中部地方における人工植栽スギ材の生長状況と理学的性質との関係．第3報，容積密度数，生材比重及び絶乾比重について．岐阜大農研報，8，75 (1957).

YAZAWA, K. and FUKAZAWA, K.: *do.*, Report 3, On the specific gravity in the trunks. Res. Bull. Fac. Agr. Gifu Univ. 8, 75 (1957).

24) 矢沢亀吉・深沢和三・梅村節夫：中部地方における人工植栽スギ材の生長状況と理学的性質との関係．第4報，年輪幅及び秋材率について．木材誌，3，91 (1957).

YAZAWA, K., FUKAZAWA, K. and UMEMURA, S.: *do.*, Report 4, On the width of annual rings and percentage of summerwood. Jour. Jap. Wood Res. Soc. 3, 91 (1957).

## Summary

The writers have previously investigated the variation of moisture content in the green, specific gravity, volumetric shrinkage, width of annual rings and percentage of summerwood in the stem concerning SUGI tree. Their findings were published already in reports from the 1st to the 4th.

In the 4th report, it was stated that the proportion of summerwood would not always be the only decisive factor in specific gravity of SUGI tree. To solve this question, it seemed necessary to find out the variation of specific gravity of spring- and summerwood. It might be sure that the knowledge of properties of spring- and summerwood is a fundamental factor in solving the several questions of wood quality.

For use in preparing this report, we have separated spring- and summerwood from breast height disks of trees No. I (site class 1, sandy loam), No. III (site class 3 A, clayey loam) and No. VI (site class 3 B, sandy loam) which were collected from Kuragari National Forest in Aichi Prefecture. Attempts were made to find out the variations of specific gravity, fiber saturation point and volumetric shrinkage. These sample trees were the same as those used in preparing former reports.

Abridgement terms and formula of computation in this report were as follows:

$R$: Bulk-density in ovendry weight and green volume (kg/m$^3$)

$a_v$: Volumetric shrinkage (%) $= \dfrac{\text{wet volume} - \text{ovendry volume}}{\text{wet volume}} \times 100$

F.S.P.: Fiber saturation point (%)

$$= \frac{\text{equilibrium weight in relative humidity 100\%} - \text{ovendry weight}}{\text{ovendry weight}} \times 100$$

The results may be summarized as follows:

1) Distribution curves for $R$ of spring- and summerwood of each tree, as are presented in figs. 1~3, do not intercross each other. Intervals of values of $R$ in these two woods were respectively 60 kg/m$^3$ in tree I, 80 kg/m$^3$ in tree III, 140 kg/m$^3$ in tree VI. But distribution curves for $R$ of spring- and summerwood of total trees intercrossed slightly in the heartwood. (Fig. 5)

2) In statistical values of $R$ variation, standard deviations of springwood were

much smaller than those of summerwood, but in coefficient of variation, there was a shade of difference betwen them. On the other hand, in coefficient of variation classified by sap- and heartwood, sapwood of springwood gave about a half values of other heartwood of springwood and sap- and heartwood of summerwood. (Table 2)

3) In the mean value of $R$ of springwood, it was in sapwood 0.8～0.9 times as large as that in the heartwood. While $R$ of summerwood, was in sapwood 1.1 times as large as that in the heartwood except mean value of tree III.

Regarding general wood of these sample trees, not separated into spring- and summerwood, the writers had published already in the former peports that average $R$ in sapwood was 338 kg/m$^3$, 351 kg/m$^3$ in heartwood, and that average percentage of summerwood was respectively 12.9% in sapwood, 11.8% in heartwood.

Considering from the findings above mentioned, it could be presumed that heavier heartwood in general wood had been subjected to the influence of heavier heartwood of springwood. (Table 3)

4) The value of a ratio for $R$ of springwood to summerwood was 2.8 in all the trees. This value is the largest among the values of other tree species that have been hitherto published by several investigators.

In this value of a ratio classified by sap- and heartwood, the value in sapwood was larger than that of heartwood, that is to say, it was 3.1 in sapwood, 2.6 in heartwood respectively in all the trees. (Table 3)

5) In the case of variation of $R$ between years in the breast height disks, it was observed that the variation of springwood closely resembled that of general wood. At the same time, the variation of $R$ of summerwood and variation of percentage of summerwood indicated a unique quality. From this point, it could be supposed that the variation of $R$ of springwood had a considerable influence over the variation of $R$ of general wood in the trunk. (Figs. 6～8)

6) Average F.S.P. was respectively 26.3% in springwood, 24.8% in summerwood. Coefficient of variation of it was respectively 10.1 in springwood, 7.3 in summerwood. (Fig. 10 and Table 4)

7) Average $a_v$ of sapwood was 1.2～1.3 times larger than that of heartwood including spring- and summerwood. On the other hand, the values of the ratio of $a_v$ of springwood to that of summerwood worked out to be 1.5～1.6 including sap- and heartwood.

Average $a_v/R$ of springwood was 46.4 and that of summerwood was 25.8. (Table 6)

8) The increase of $R$ is accompanied by the decrease of $a_v/R$ both in spring- and summerwood. (Table 7, Fig. 11)

9) R. TRENDELENBURG reported in 1939 that the value of $a_v/R$ was roughly equal to the F.S.P.

As a result of the above mentioned fact, that $a_v/R$ in springwood was extremely larger value than the value of F.S.P., it might be concluded that R. TRENDELENBURG's theory was not fitted for the sort of wood which is separated into spring- and summerwood.

The reason why the shrinking of springwood in Sugi is larger than the volume of water absorbed can be explained by H. D. TIEMANN's 2nd theory on swelling of cellular structure, that is to say, "the holes enlarge in the same ratio as all portions of the block, and the total swelling being proportional simply to the increase in the moisture percent, irrespective of density".