

木材々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

Zisuke KABURAGI: 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.

札幌支場 農林技官 燕 木 自 輔

目 次

I. 緒 言	38
II. 生材含水率及び容積密度数	40
(I) 供試材及び測定法	40
(II) 測定結果	41
1. 年輪別重量比含水率の分布	42
2. 春秋材部別重量比含水率の分布	43
3. 春秋材部別容積比含水率の分布	44
4. 春秋材部別容積密度数の分布	45
5. 春材部及び秋材部容積密度数と年輪巾との関係	47
6. 春材部及び秋材部容積密度数の度数分布	48
III. 春材部及び秋材部の収縮率	50
(I) 収縮曲線	50
(II) 供試材及び測定法	51
(III) 測定結果	52
1. 供試体の容積密度数	52
2. 春材部及び秋材部の収縮率	53
i) 切線方向, 半径方向, 繊維方向及び容積収縮率	53
ii) 収縮率と容積密度数との関係	54
IV. 同一材片中に於ける春秋材部の収縮率	56
(I) 供試材及び測定法	56
(II) 測定結果	57
1. 収縮率の分布	57

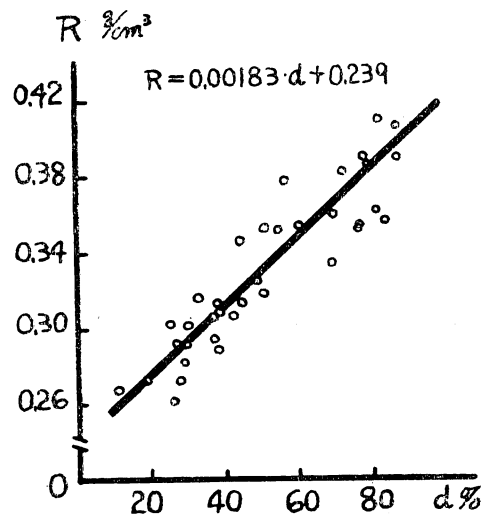
2. 全材部収縮率と容積密度数との関係.....	58
3. 同一材片中に於ける春材帯及び秋材帯の収縮率.....	58
4. 春材帯, 秋材帯収縮率と秋材率との関係.....	59
V. 考 察.....	59
(1) 生材含水率.....	59
(2) 容積密度数.....	61
(3) 収縮曲線.....	62
(4) 春材部及び秋材部の収縮変形.....	63
VI. 摘 要.....	65
文 献.....	66
Résumé	68

I. 緒 言

一般に木材は年輪なる環状層によつて構成され, 更に各年輪には2つ或は3つの層が認められる。殊に針葉樹材の多くは, 所謂春材及び秋材或は早材及び晩材とよばれるところの2層を比較的明瞭に示している。而して此の2つの層が形態的には勿論, 材質的にもかなりの差異を有しているであろうと考えられるにも拘らず, 所謂春材及び秋材に関する物理的性質の観察はあまり為されていない。

トドマツ材の心材部より年輪界をさしはさんでその両面を鉋削木取り, 春材部分及び秋材部分の容積比を異にする供試体を作製して, それらの容積密度数 $R \text{ g/cm}^3$ と秋材率 $d\%$ とを

図 1. 秋材率と容積密度数



測定し R と d との間の関係を求めて次のような実験式を得た (図 1)。

$$R = 0.00183 \cdot d + 0.239$$

此の直線に就いて 0% 秋材から 100% 秋材迄直線を延長することによつて春材部及び秋材部の平均容積密度数を推論すれば、春材に於いて $R = 0.239 \text{ g/cm}^3$ 、秋材に於いて $R = 0.422 \text{ g/cm}^3$ なる値が得られ、秋材容積密度数は春材容積密度数の約 1.8 倍に当ることになる。然し各測定値は少なからぬ分散域を示しており、この実験式の Probable error も亦決して小さくはない。春材部或は秋材部自体の容積密度数の変移は、木材組織的立場から考えても、決して狭い巾のものではないであろう事が当然予想される。従つて、容積密度数を秋材率に対して採り上げることが可能であるか否かという命題が残り、そのために、これらの偏差の限界を定量的に決定することが要求される。一年輪内に於いては、その内側より外側に向つて材構成要素が連続的に変化していく。トドマツ材にあつては、仮導管の横断面は春材内側に於いて半径方向に長く、秋材外側に於いて切線方向に長い。この偏平要素は年輪の内側から外側にかけて漸進的に推移し、その両端の細胞は驚くべき形態的差異を示している。細胞膜壁厚の年輪内細胞の数の生長に対する偏倚性も亦顯著なる変化を呈している。これらの要素が材の容積密度数、収縮率或は強度等の材料的湿気的性能に対する何らかの因子たり得るとすれば、一年輪内に於けるそれらの材料的特性の分布も亦驚くべき分散域をもつてであろうことが推測される。

木材構成要素の多様性は必然的に木材々質の不均一性をもたらし、この不均一性が即ち木材個有の必然的な特質であるとするならば、この特性を確実な方法によつて広く知りそれを取除くということが若干の可能性を与えられているとしても、なお一般材料としての木材についてはこれらの不利な点を常に考慮に入れなければならないであろう。従つて、まず此の“不均一性”について詳細な観察をなすことが必要であり、木材利用上に於ける最大の障害の一つがこの不均一性の故に在るとするならば、それらの観察はより有用な数値的根拠を提供する筈である。

春材及び秋材要素の形態的及び化学的性質の概略的観察は本邦産材についても少くはない様であるが、物理的性質についての観察は多くはない。所謂春材秋材の区分は厳密に言えば頗る困難な事柄であつて、一年輪内に於ける粗軟な部分と緻硬な部分との境界は解剖学的にも判定がむづかしく、その境界線についての完全なる定義はまだ与えられていない。それらのこと柄については追つて観察を進めることとして、本報に於いてはともかく一年輪を2つの部分にわかつて観察するということに目的の第一段階をおいて、比較的 macro な意味で細胞横断面に於ける色相の差異によつてその境界を決定し、淡白色部分を春材部、濃褐色部分を秋材部と定義した。従つて此の報告に於いて使用される春材部及び秋材部なる言葉によつて意味される木部が真実の春材細胞又は秋材細胞のみによつて構成されているか否かについては、或は又これらの色相と細胞の膜壁厚又は偏平要素等との関係については別に検討されなければならない。

本報に於いて春、秋材部境界の識別を色相に依つたのは、spring-wood 及び summer-wood 又は early-wood 及び late-wood なる言葉が一般に色相によつて概念づけられているからであり、又それらを材の外観的に識別するのに便であつたからにすぎない。木部の如何なる性質が其の横断面上に交互に粗密の環状層を作るかを明らかにすることは甚だ困難な事柄である¹⁾としても、これらの各要素が示す材料的性質の定性的根拠の把握のために、多くの技術的障害はあつたが、その様な意味に於いて春材部及び秋材部の生材含水率、容積密度数及び収縮變形について若干の原始的觀察を北海道石狩地方野幌国有林産のトドマツ材を供試木として試みた。供試数も少く觀察經過も未了ではあるが茲に之の觀察値を取り纏め觀察の一段階として報告することとした。

尙、此の實驗の施行に当り種々御便宜と御指導とを賜られた前林業試験場札幌支場長原田泰氏、林業試験場札幌支場長林行五氏並びに同場技官加納孟氏に深甚の謝意を表する。

Ⅱ. 生材含水率及び容積密度数

(I) 供試材及び測定法

野幌国有林第1林班に於いて、生長良好なる健全木(TA)、生長良好ならざる健全木(TB)及び生長良好なる水喰材(TC)の3本のトドマツ(*Abies Mayriana* Miyabe et Kudo.)を供試木として選定伐倒し、伐倒直後地上高1.5米、10.0米及び20.0米に於いて厚さ約20~25 厘の円盤を採取、各円盤より東西或は南北の方向に約2.0 厘厚の柁目板を木取り、更に此の板の中央に於いて約2.0 厘角の供試材を木取つてこれより各年輪毎に春材部及び秋材部を別々に分離採取して觀察に供した。此の中 TA 供試木と TB 供試木とは類似せる結果を示したので、本報に於いては主として TA 供試木及び TC 供試木について記載する。TA 及び TC 供試木の各要素は表1に示される如くである。

表1. 供 試 材

供試木	伐 倒 年月日	樹 高 (m.)	円 盤				備考	
			整理番号	地上高 (m.)	年輪数	東西径 (cm.)		南北径 (cm.)
T A	1948年 10月11日	25	T A—I	1.5	77	45.0	42.0	生長良好健全
			T A—II	10.0	44	36.5	34.0	
			T A—III	20.0	20	18.0	17.0	
T C	1949年 1月28日	23	T C—I	1.5	71	36.0	37.2	生長良好水喰材
			T C—II	10.0	39	28.7	28.7	
			T C—III	20.0	14	9.7	10.2	

各供試片の採取及び測定は可及的迅速に行い測定中の水分散逸には最大の注意を払つた。重量の測定には化学天秤(最小読ミ度 $\frac{1}{10}$ mg.)を使用し、生材秤量後試片を水中に浸漬して完全飽水状態ならしめ、その水中浮力を測定することによつて飽水時容積を求め、気乾後 100~105°C の恒温器中に於いて絶乾となし絶乾重量を秤量した。又年輪幅は読ミ取り顕微鏡(最小

読ミ度 $1/100$ mm.) によつて観測した。

これらの測定値より生材時の重量比含水率 φ 、容積比含水率 φ_v 及び容積密度数 R を求めたが計算に際しては結合水、自由水及び樹液の別を問はず水分の比重はすべて 1.0 と仮定した。 φ 、 φ_v 及び R の算出は次式に據つた。

$$\text{重量比含水率 } \varphi = \frac{\text{生材時重量 (gr.)} - \text{絶乾時重量 (gr.)}}{\text{絶乾時重量 (gr.)}} \times 100 (\%)$$

$$\text{容積比含水率 } \varphi_v = \frac{\text{生材時重量 (gr.)} - \text{絶乾時重量 (gr.)}}{\text{飽水時容積 (cc.)}} \times 100 (\%)$$

$$\text{容積密度数 } R = \frac{\text{絶乾時重量 (gr.)}}{\text{飽水時容積 (cc.)}} \quad (\text{g/cm}^3)$$

又、生材が木材実質、空気及び水分の3者によつて空間を占めているものと仮定し、木材の真比重を 1.56 と仮定して、生材時に於ける材の実質量、空気量及び水分量の百分率 (m , n 及び $\varphi_v\%$) を各供試材について算出した。但しここにいう空気の占める部分が果して事実空気であるか、或は真空であるか、或は又他の気体によつて占められるものかについては不明である。

(II) 測定結果

斯くして得られた春・秋材部別の R , φ , φ_v , n , m 及び年輪巾 D の測定値を各項毎に取り纏めると次の如くである。

図 2. 年輪別重量比含水率の分布 (TA 材)

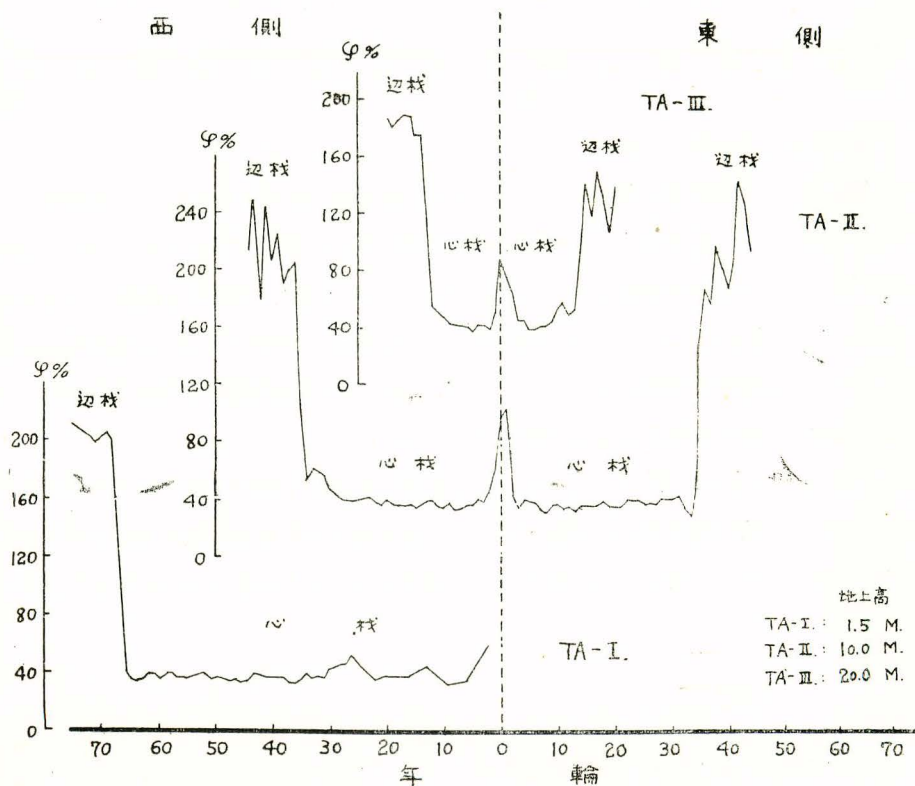
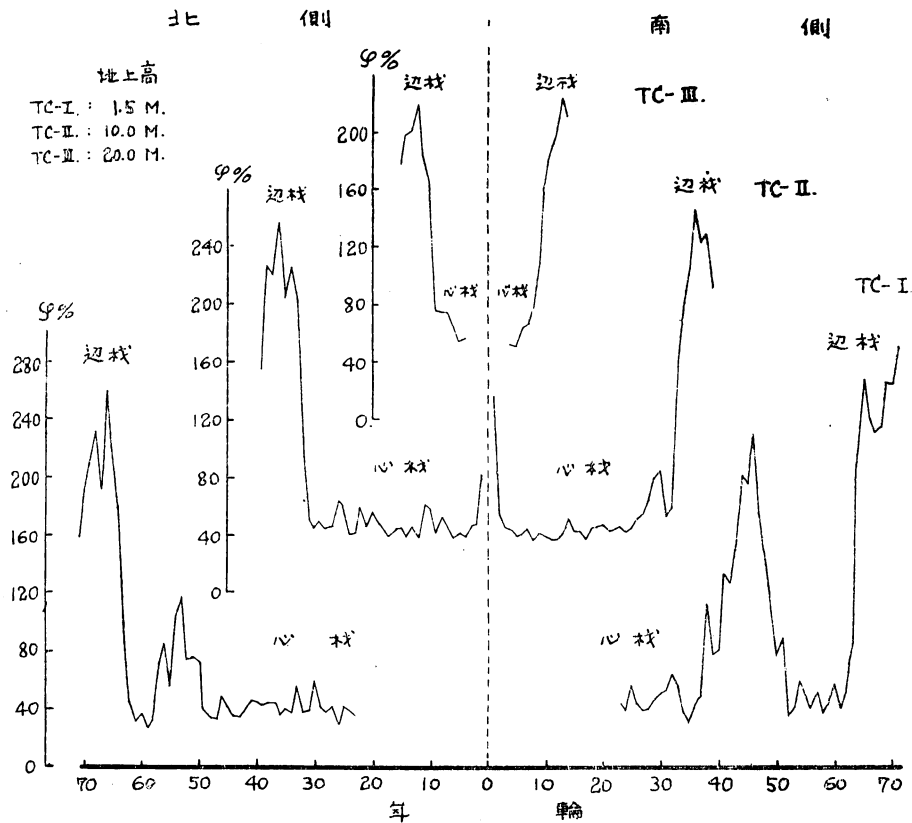


図 3. 年輪別重量比含水率の分布 (TC 材)



1. 年輪別重量比含水率の分布

φ の年輪に対する分布状態を見ると、図 2 (TA. 健全材) に示される如く φ は髓を中心とする 2, 3 年輪に於いて若干高く、心材部を樹体外側に向つて移行するにつれて 40% 前後の比較的低い略々一定の含水率を保ち、辺材部に移ると同時に全く突然の急激な上昇を示して 200% 程度の φ を与える。之に対して水喰材の φ の分布は、図 3 (TC 材) に見る如く心材部に於いて極めて不規則な波状分布を示しているが、辺材に於ける突然の上昇は健全材と同様であり、辺材境界に於ける低含水率も特徴的である(註)。

これらの観測値より辺材心材別に各試片の重量を重ミとせる平均含水率を求むれば表 2 に示される如くであり、此の供試木は心材部に於いては地上高の高きものは低きものよりも大なる φ を与え、辺材部に於いては地上高の高きものは低きものよりも小なる φ を与えている。

(註) これらはナラ材、カバ材などの水分分布と著しく趣を異にする、それらの材の水分分布、容積密度数、収縮変形等については別に報告する。

表 2. 辺 心 材 別 φ (%)

供 試 木		T A			T C		
材	部	T A—I	T A—II	T A—III	T C—I	T C—II	T C—III
心	材	39.1	39.3	45.6	—	—	—
辺	材	188.7	199.5	152.2	237.3	225.3	206.8

2. 春・秋材部別重量比含水率の分布

φ の分布状態を春・秋材部別に比較すると、図 4 及び 図 5 に示される如くである。これらの測定値から各試片の重量を重ミとして心材及び辺材につき春・秋材部別に平均重量比含水率を求めると表 3 の如くである。

即ち、心材部に於いては秋材部 φ は春材部 φ よりも常に 3~5% 高く、辺材部に於いては逆に春材部 φ は秋材部 φ の 2 倍近き値を示す。水喰材の心材部にあつても秋材部 φ の方が高く、唯水喰部の高含水域に於いて春材部 φ が高く現われている。

図 4. 春・秋材部別重量比含水率の分布 (TA 材)

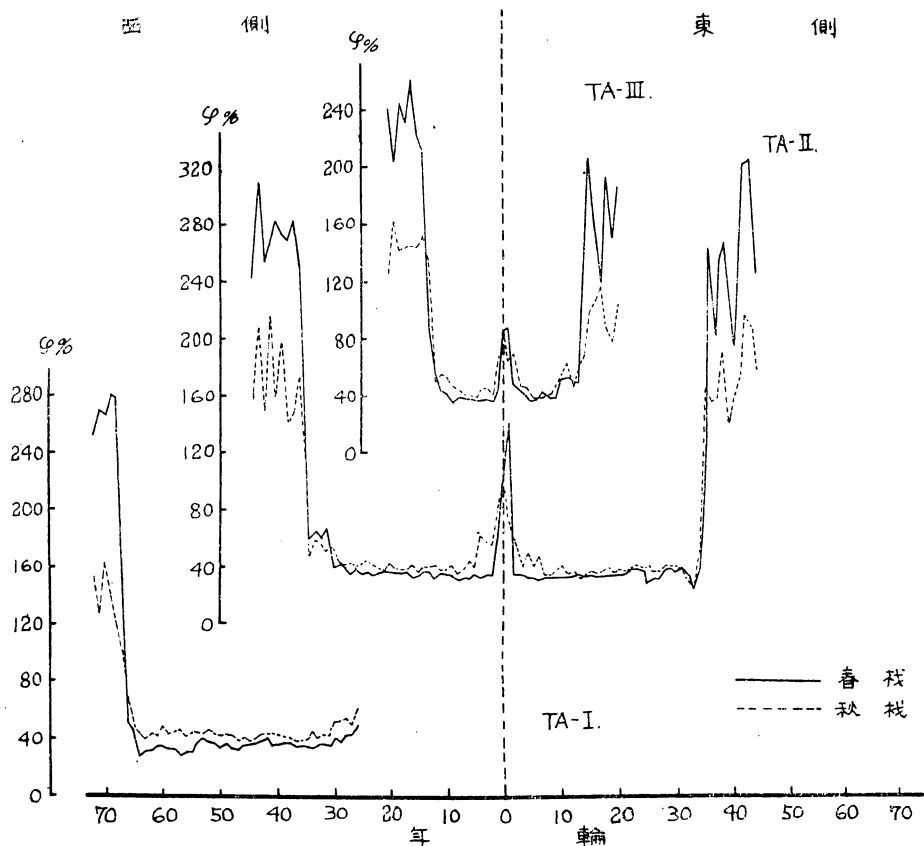


図 5. 春・秋材部別重量比含水率の分布 (TC 材)

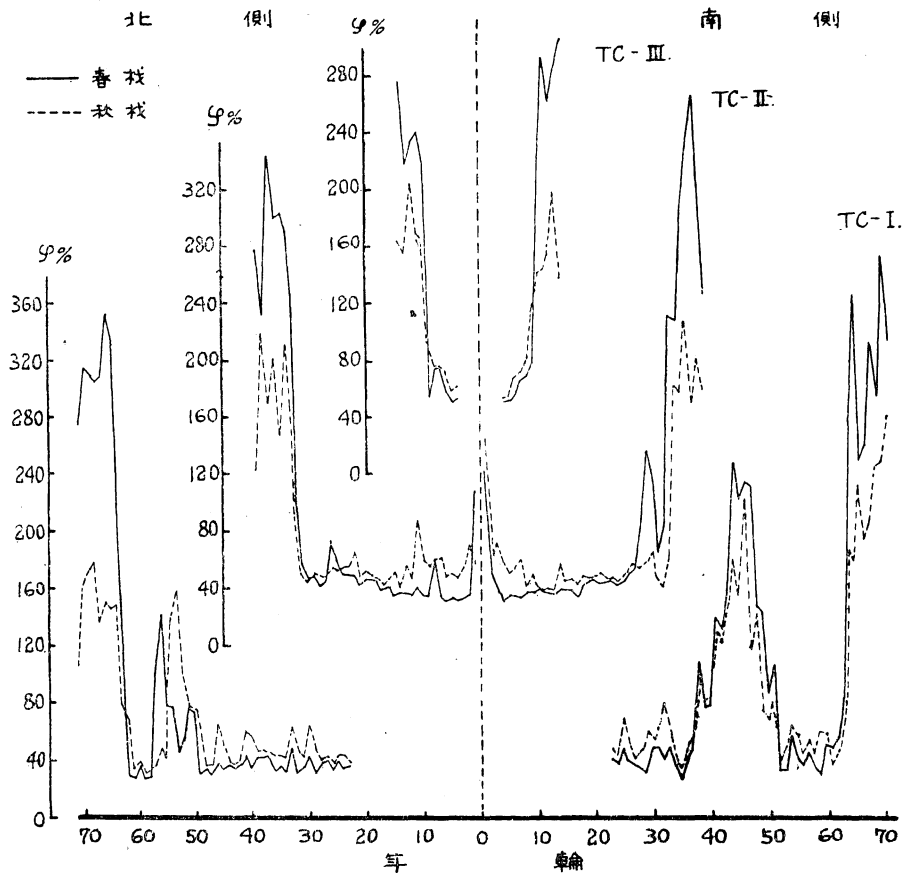


表 3. 春・秋材部別 ϕ (%)

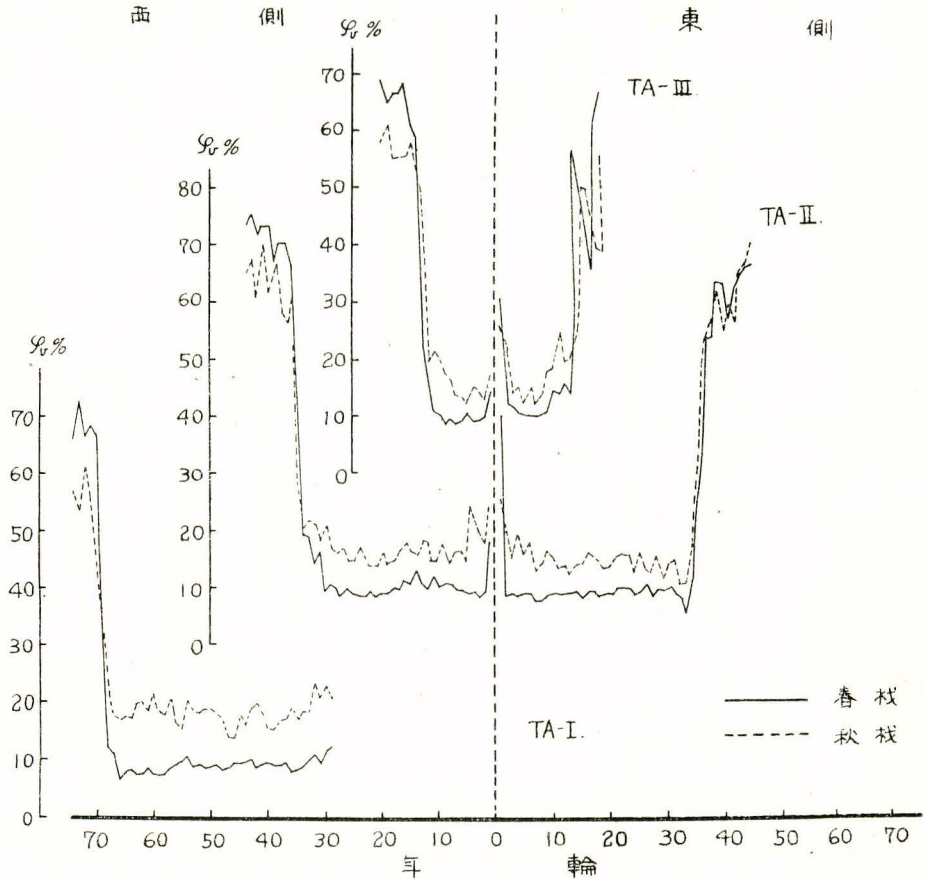
材部 円盤	心 材		辺 材	
	春材	心材	春材	秋材
TA-I	36.4	41.0	246.5	129.5
TA-II	37.4	40.8	248.9	164.6
TA-III	43.7	46.9	201.2	119.0
TC-I	—	—	296.0	178.4
TC-II	—	—	280.4	170.2
TC-III	—	—	255.3	158.3

3. 春・秋材部別容積比含水率の分布

重量比含水率 ϕ は各試片の絶乾重量を基準とする為に試片相互間の水分量の比較に不便であるが、容積比含水率 ϕ_v は単位体積に対する水分量によつて与えられる湿気密度を示す故に含有水分の絶対量の相互比較に便である。

容積比含水率 ϕ_v の年輪に対する春・秋材部別分布状態を図示すれば、図 6 及び図 7 の如くであり、前項 ϕ の分布に於いて認められた春・秋材部間の心材部に於ける僅少な差異及び辺材部に於ける顕著な差異は著しく消滅されて、含有水分の絶対量は、心材部にあつては大きな

図 6. 春・秋材部別容積比含水率の分布 (TA 材)



差を以つて示され秋材部 ϕ_v は春材部 ϕ_v の2倍に近く、又辺材部にあつては秋材部 ϕ_v は春材部 ϕ_v に殆んど匹敵する。各観測値から各試片の容積を重みとして辺材及び心材につき春・秋材部別平均容積比含水率を求めると表4に示される如くである。

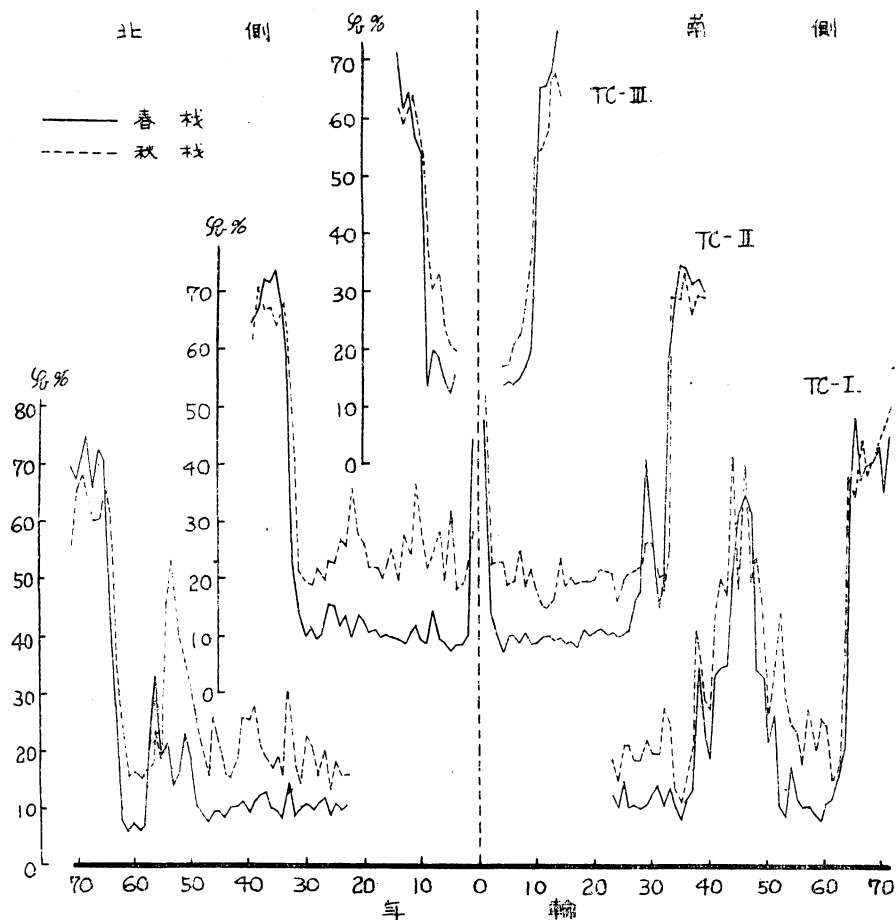
表 4. 春・秋材部別 ϕ_v (%)

材部 円盤	心 材		辺 材	
	春材	秋材	春材	秋材
TA-I	8.8	18.2	62.7	51.4
TA-II	9.4	15.7	61.7	59.6
TA-III	11.0	16.7	55.7	49.1
TC-I	—	—	65.7	64.6
TC-II	—	—	65.4	62.3
TC-III	—	—	60.7	58.4

4. 春・秋材部別容積密度数の分布

容積密度数 $R \text{ g/cm}^3$ の分布状態を春・秋材部別に年輪に対して観測すれば図8及び図9に示す如くである。之によれば同一年輪内にあつては秋材部 R は春材部 R よりも常に大きく、春・秋材部共にかなりの巾を以つて増減し波状に分布している。又、 R の増減は年輪に対して

図7. 春・秋材部別容積比含水率の分布 (TC 材)



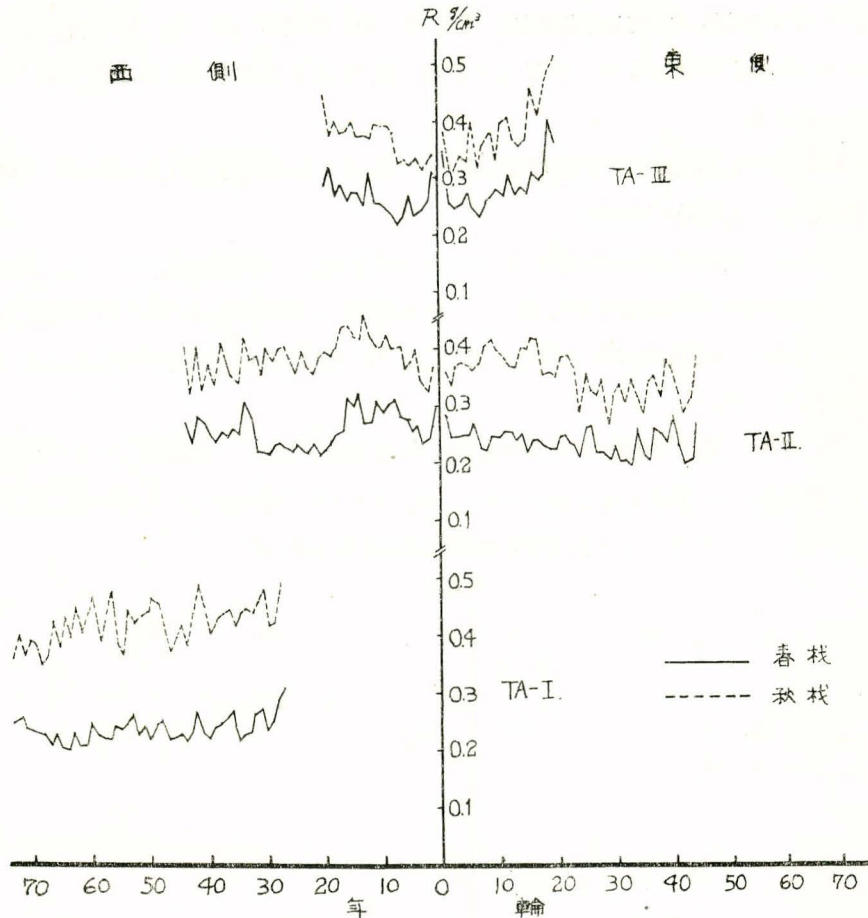
概して並行的傾向を示してはいるが必ずしも法測的ではない。

これらの測定値について、各地上高毎に春材部 R 及び秋材部 R の算術平均値を求め、之を以つて各地上高の代表値と見做して春・秋材部 R の比を求めると表5に示される如き数値を与える。これに依れば、各地上高に於ける R の値は地上高と R の大きさとの間に一律的關係を示してはいないが、春材 R と秋材 R との比は地上高 20 m に於いて特に小さく示され、TA 材にあつては地上高を増すにつれてその比が減少しているのが認められる。

表5. 地上高別 R (g/cm³)

供試木	円盤	R		
		春材部	秋材部	比
TA	TA-I	0.245	0.426	1:1.7
	TA-II	0.246	0.370	1:1.5
	TA-III	0.275	0.374	1:1.4
	最大最小	0.191~0.353	0.266~0.523	—
TC	TC-I	0.249	0.387	1:1.6
	TC-II	0.241	0.409	1:1.7
	TC-III	0.248	0.355	1:1.4
	最大最小	0.164~0.298	0.300~0.538	—

図 8. 春・秋材部別容積密度数の分布 (TA 材)



5. 春材部及び秋材部容積密度数と年輪巾との関係

観測せる春材部及び秋材部が属していた年輪巾の平均値は、TA 材に於いて 4.09 mm, TB 材に於いて 2.21 mm, TC 材に於いて 3.33 mm であつたが、これらの各年輪巾 (D) とその各々に対応する各春材部 R 及び秋材部 R との間の相関係数 γ は表 6 に示す如き符号を与えて区々であり、春材部 R 或は秋材部 R とその属する年輪巾 D との間には一次的関係は見出せない。従つて一般に木材の年輪巾と容積密度数との関係は、春材部 R 及び秋材部 R の個別的な増減に関係するよりはむしろ秋材率との関係に於いて論ぜらるべき事柄であろう。

表 6. 春・秋材部 R と D との γ の符号

供 試 木	γ , 符号	
	春 材	秋 材
TA	+	+
TB	-	-
TC	-	+

6. 春材部及び秋材部容積密度数の度数分布

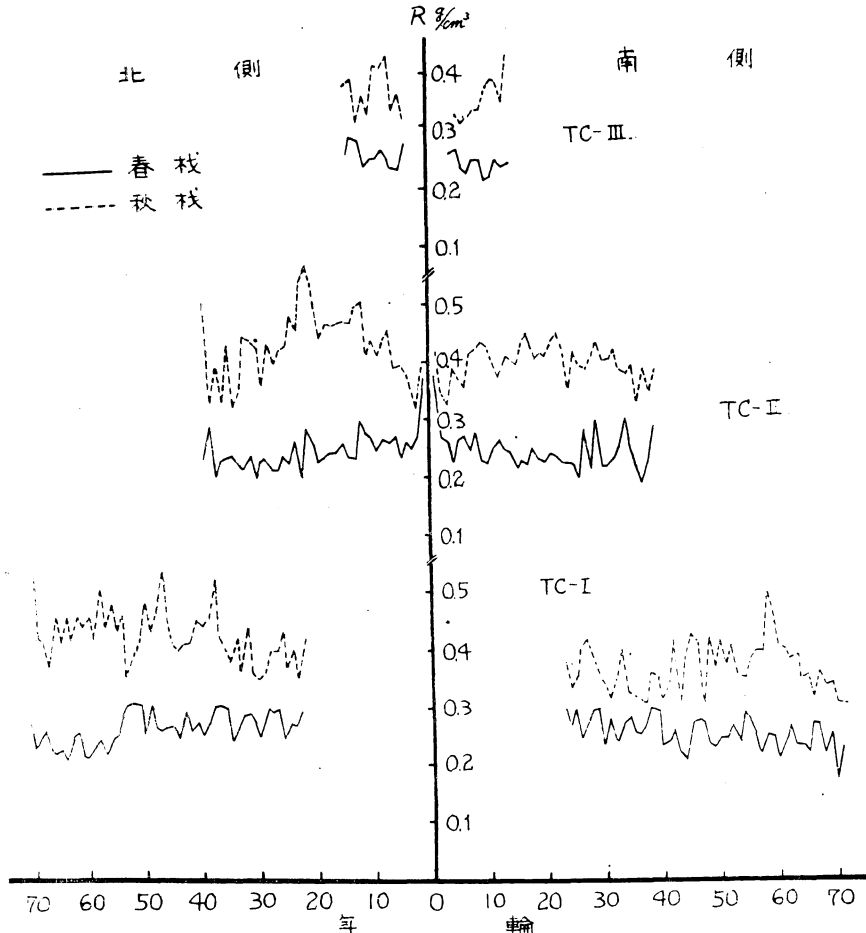
春材部 R 及び秋材部 R の比較度数表を TA 材, TC 材及び TA 材, TC 材併せたものについて求めた。図 10 は TA 材, 図 11 は TC 材, 図 12 は TA 材+TC 材の春・秋材部別 R の変数分布図である。

但し樹心部に於ける年輪はアテ材を形成し易いので, この比較度数表作製に当つては樹心部に於ける数個の試片を除外した(註)。

これらによれば, 秋材部 R は春材部 R よりも分散度激しく集中度が低い。又, 両者の頻度曲線は TA 材に於いてはかなり深く交叉し, 秋材部 R の最低値と春材部 R の最高値との間には 0.087 g/cm^3 の交叉域が示されたに反して, TC 材に於いては僅少ではあるが 0.002 g/cm^3 の空隙を示した。

総じて TA 材及び TC 材併せて 0.087 g/cm^3 の交叉域を与え, 秋材部 R は平均値に於いて春材部 R の約 1.6 倍の大きさを示した。尚, TA 材, TC 材及び TA+TC 材各々に

図 9. 春・秋材部別容積密度数の分布 (TC 材)



(註) アテ材の水分分布, 容積密度数, 収縮変形等については別に報告する。

図 10. 春・秋材部別 R の度数分布図 (TA 材)

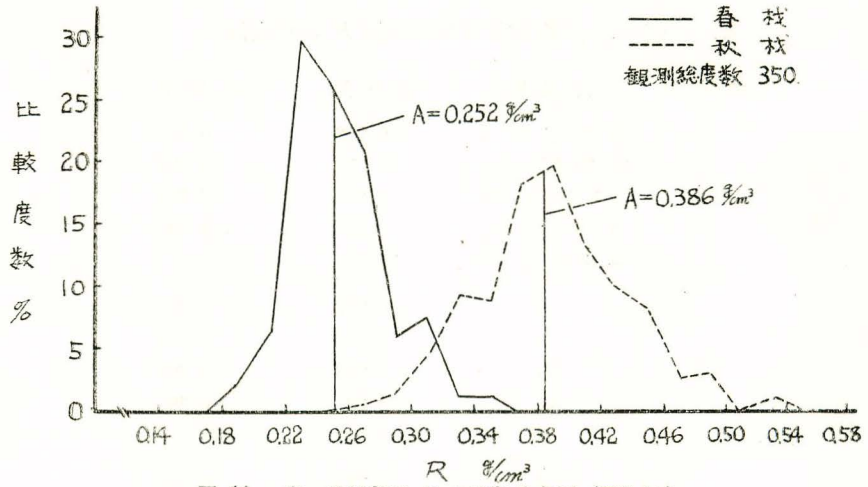


図 11. 春・秋材部別 R の度数分布図 (TC 材)

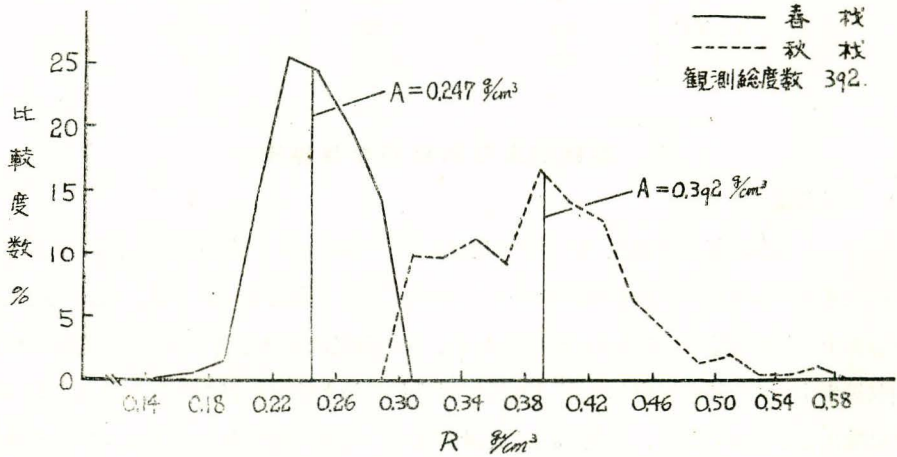
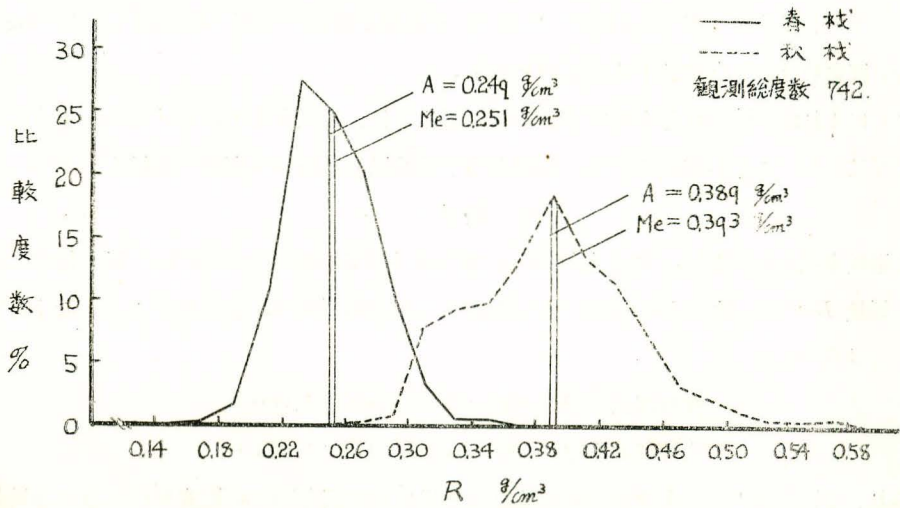


図 12. 春・秋材部別 R の度数分布図 (TA, TC 材)



つき春・秋材部別 R の代表値を示せば表7の如くである。

表 7. 春材部及び秋材部 R の代表値

供 試 木	代 表 値	春 材 部	秋 材 部
T A	算 術 平 均 A	0.252	0.386
	標 準 偏 差 σ	0.031	0.046
	メディアン Me	0.251	0.389
	モ ー ド M_0	0.23	0.39
	変 化 係 数 a	12.1	11.8
T C	A	0.247	0.392
	σ	0.027	0.053
	Me	0.253	0.397
	M_0	0.23	0.39
	a	10.9	13.5
T A + T C	A	0.249	0.389
	σ	0.029	0.049
	Me	0.251	0.393
	M_0	0.23	0.39
	a	11.6	12.6

Ⅲ. 春材部及び秋材部の収縮率

(I) 収縮曲線

トドマツ心材部から採取された 15 mm (切線方向) × 20 mm (繊維方向) × 1.5 mm (半径方向) の大きさの春材部及び秋材部試験片を、水中にて完全飽水せしめて後、底に水を入れたガラス容器中 (室温放置) にて徐々に脱湿せしめ、その過程に於ける含水率 φ の変化に伴う切線方向収縮率 α_t の変移を観察して図 13 及び図 14 の如き結果を得た。但し含水率約 40% 以下は硫酸による脱湿であり、湿気方向は放湿—吸湿—放湿の順である。又ここにいう収縮率 α_t は完全飽水時を原長とせる収縮量の百分率 % であり、標点距離の観測は座標測定器 (コンパレーター、最小読ミ度 $1/1000$ mm) に依り、重量測定は化学天秤 (最小読ミ度 $1/10$ mg) に依つた。図に於ける各点の数字は測定順を示す。

これらによれば収縮は高含水率に於いて既に認められ、又低含水率に於ける収縮も直線的に移行してはいないことが確認される。各測点は半対数紙上に於いて概略一直線上に並び

$$\alpha_t = B \cdot A^{-\varphi}$$

なる変指数方程式を与える。この曲線は α_t 軸を必ず斜めに横切り、且つ φ 軸を絶対を超えない。係数 B は α_t 軸の intercept を示し従つて最大収縮率 α_{t-max} を与える。最小自乗法によつて計算すると

$$\text{春材部試片}(F-106) : \alpha_t = 9.699 \times 1.060^{-\varphi}$$

$$\text{秋材部試片}(f-86) : \alpha_t = 10.171 \times 1.043^{-\varphi}$$

が得られ、両者に於いて A 及び B の値を夫々異にして両者間の収縮変形の状態に差異ある

ことを示した。

又、低含水率に於ける観測値を直線と見做して、 $\alpha_t = a \cdot \varphi + b$ なる直線式を求めると、

$$F-106: \alpha_t = 8.74 - 0.271\varphi$$

$$f-86: \alpha_t = 9.96 - 0.277\varphi$$

を与え、係数 a は直線の勾配を、又常数 b は最大収縮率 $\alpha_{t-m.w.}$ を示すが、此の式にも両者間の差異が認められる。

然しながら、これらの係数或は常数 A, B, a 及び b が容積密度数 $R \text{ g/cm}^3$ の因子であるか或は春材、秋材の因子であるか等についてはこゝでは言及出来ない。

図 13. 収縮曲線 (F-106)

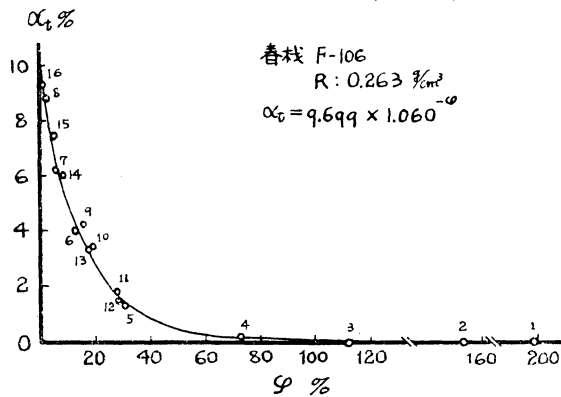
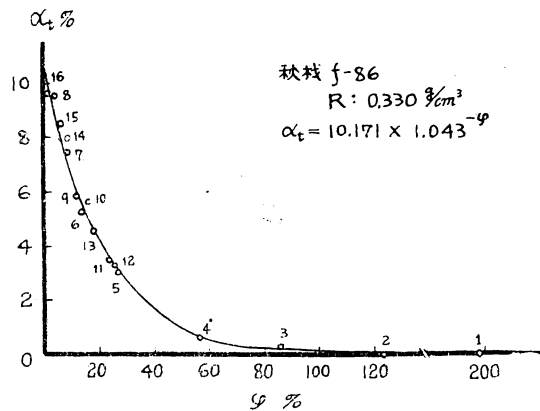


図 14. 収縮曲線 (f-86)

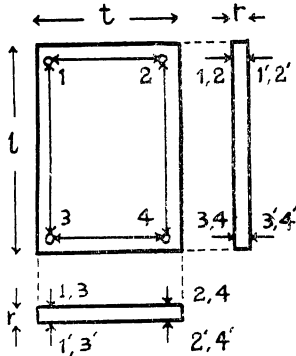


(II) 供試材及び測定法

春・秋材部別収縮率を測定するために、生材含水率測定供試木 TA 材の地上高 2.0 米に於いて 1 個の円盤 F が採取され、この心材部から春材部及び秋材部を別々に分離して木取り供試体とした。供試体の標準寸法は 15 mm (切線方向) × 20 mm (繊維方向) × 1.5 mm (半径方向) である。供試体数は春材部試片 104 個 ($F-1 \sim F-104$)、秋材部試片 84 個 ($f-1 \sim f-84$)、計 188 個であり、此の他に予備及び補足実験のために約 300 個の春・秋材部別供試体

が観測された。

図 15. 供試体の標点



各供試体には図 15 に示す如く表裏計 8 個の標点
が、細胞膜の一部を針の先端で墨付けすることによつ
て設定され、切線方向は 1-2, 3-4, 1'-2', 3'-
4'; 半径方向は 1-1', 2-2', 3-3', 4-4'; 繊維方
向は 1-3, 2-4, 1'-3', 2'-4' の夫々表裏 4 標点
距離が測定され各々の平均値が求められた。

各標点距離の測定には、切線方向及び繊維方向はコ
ムパレーター（最小読ミ度 $1/1000$ mm）を使用し、半
径方向の測定にはダイヤルマイクロメーター（最小読ミ
度 $1/500$ mm）を使用した。又各標点距離の測定回数

は、切線方向 1 回、半径方向及び繊維方向夫々 2 回である。試片の重量測定には化学天秤（最
小読ミ度 $1/10$ mg.）を用い、容積は前項同様完全飽水時に於ける水中浮力の測定に基いて算出
した。

収縮率 α は前項に示された収縮曲線 $\alpha = B \cdot A^{-\varphi}$ に於ける $\varphi=0$ の場合の最大収縮率 α_{max}
を以つて各試片の収縮率と定義し、そのために、完全飽水時に於ける各方向標点距離と絶乾時
に於けるそれとを測定し、前者を原長とする切線、半径及び繊維 3 方向収縮率 (α_t , α_r 及び
 α_l) % を求めた。収縮率 $\alpha\%$ 及び容積密度数 $R \text{ g/cm}^3$ の算出式は次の如くである。

$$\alpha = \frac{\text{飽水時標点距離} - \text{絶乾時標点距離}}{\text{飽水時標点距離}} \times 100 (\%)$$

$$R = \frac{\text{絶乾時重量}}{\text{飽水時容積}} (\text{g/cm}^3)$$

尚、絶乾に至らしめるには急激な乾燥に依る不正変形を避けるために気乾及び硫酸による常
温脱水後 $100 \sim 105^\circ\text{C}$ の恒温器中にて乾燥し、放湿をなるべく徐々に進行せしめた。

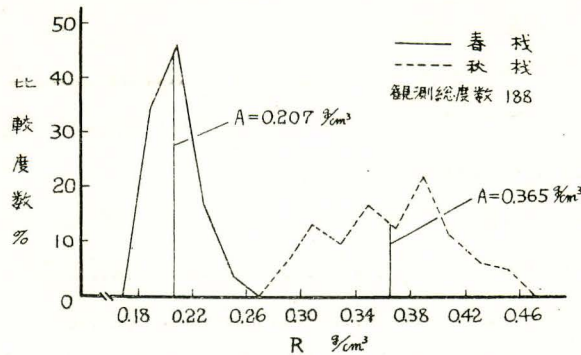
(Ⅲ) 測定結果

斯くして得られた春材部及び秋材部各供試体の α_t , α_r , α_l 及び R の測定値から各項につ
いて取り纏めると次の如くである。

1. 供試体の容積密度数

測定せる 188 個の供試体につきその容積密度数 $R \text{ g/cm}^3$ の頻度曲線を春・秋材部別に描く
と図 16 の如くであつて、秋材部 R の分散域は春材部 R のそれの約 2 倍であつた。

これら供試体 R の代表値を示すと表 8 の如くであり、又春材部 R の最大値と秋材部 R
の最小値との間には 0.032 g/cm^3 の間隙を示した。

図 16. 供試体 R の度数分布図表 8. 供試体 R の代表値

代 表 値	春 材 部	秋 材 部
算 術 平 均 A	0.207	0.365
標 準 偏 差 σ	0.015	0.041
メ デ イ ア ン Me	0.202	0.371
モ ー ド M_0	0.21	0.39
変 化 係 数 a	7.2	11.2

2. 春材部及び秋材部の収縮率

i) 切線方向, 半径方向, 繊維方向及び容積収縮率

各観測値から切線方向, 半径方向, 繊維方向及び容積収縮率 (α_t , α_r , α_l 及び α_v) 並に各試片毎収縮比 (α_t/α_r) の平均値を求めると表 9 に示される如くである。但し, 容積収縮率 α_v は実測していないので α_t , α_r 及び α_l の 3 値から各試片毎に計算によつて求めたものである(註)。

表 9. 春材部及び秋材部 α の平均値

材部	—	R g/cm³	α %				α_t/α_r
			α_t	α_r	α_l	α_v	
春材	算術平均 A	0.207	7.30	2.49	0.36	9.95	3.08
	標準偏差 σ	0.015	0.90	0.59	0.08	1.12	0.81
秋材	算術平均 A	0.365	11.54	7.69	0.19	18.49	1.52
	標準偏差 σ	0.041	0.81	0.88	0.06	1.22	0.18

之によると春材部と秋材部とは著しくその収縮率を異にしていることが明瞭であつて, 平均値 A に於ける各方向収縮率の (秋材 α)/(春材 α) の比をみると, α_t に於いて 1.58, α_r に於いて 3.09, α_v に於いて 1.86 なる値を示し秋材部 α が春材部 α に比して遙かに大なることが認められ, α_l に於いては 0.53 なる値を与えて逆に秋材部の方が極めて小さいことを示している。又秋材部各々の収縮比 α_t/α_r の値は春材部に於いて 3.08, 秋材部に於いて 1.52 であつて春材部と秋材部との収縮様式の相異を示している。

$$(註) \quad \alpha_v = \alpha_t + \alpha_r + \alpha_l - \frac{\alpha_t \cdot \alpha_r}{100} - \frac{\alpha_t \cdot \alpha_l}{100} - \frac{\alpha_r \cdot \alpha_l}{100} + \frac{\alpha_t \cdot \alpha_r \cdot \alpha_l}{100^2} \doteq \alpha_t + \alpha_r + \alpha_l - \frac{\alpha_r \cdot \alpha_t}{100}$$

ii) 収縮率と容積密度数との関係

a) α_t , α_r 及び α_v と R との関係

α_t , α_r 及び計算によつて得られた α_v の各値を夫々の R に対して座標上に載せると、図 17, 18, 19 及び 20 に示すごとくなる。これらの図表は夫々少なからぬ分散域をもつが、概ね直線的関係と見做され、 $\alpha = a \cdot R + b$ なる直線式を仮定して α_t , α_r 及び α_v につき春・秋材部別に最小自乗法によつて係数 a 及び常数 b を求めると表 10 に示す如き値を与える。

之によれば、 a の値は α_t , α_r , α_v 共に春材部に於ける方が秋材部に於けるよりも遙かに大であり、又 b の値は α_t , α_r , α_v 共に春材部に於いては負、秋材部に於いては正を与えており、春材部及び秋材部の容積密度数に対する収縮様式の顯著なる差異を示している。

図 17. 春材部 α_t , α_r と R

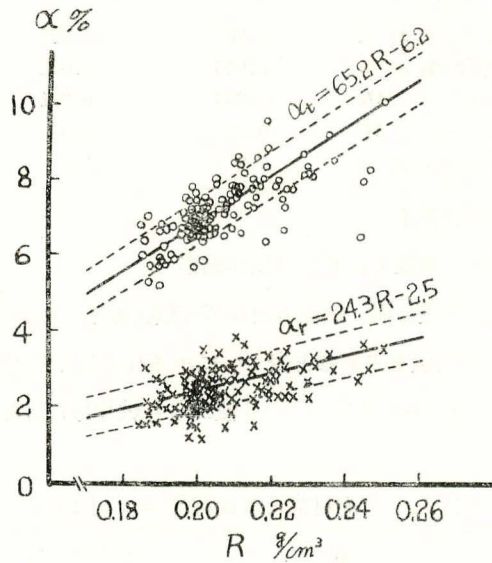


図 18. 秋材部 α_t , α_r と R

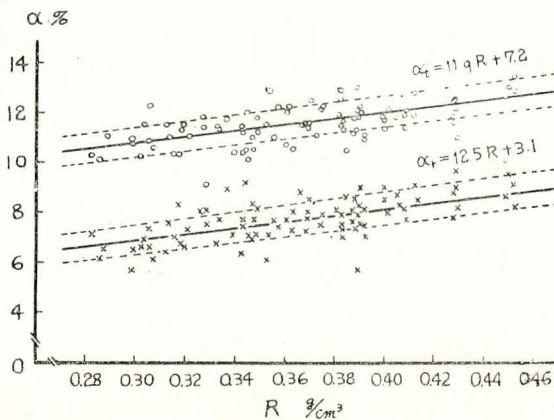
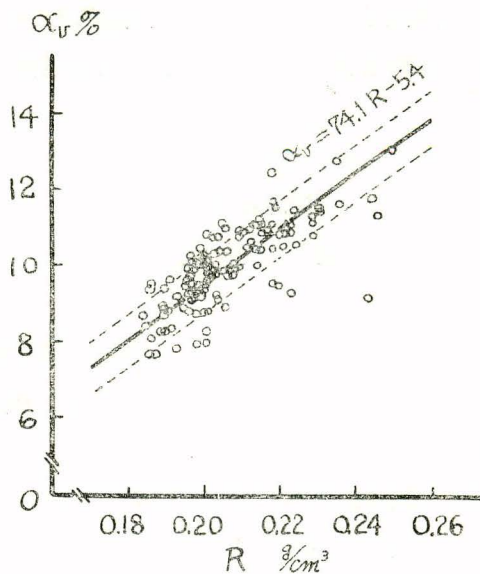
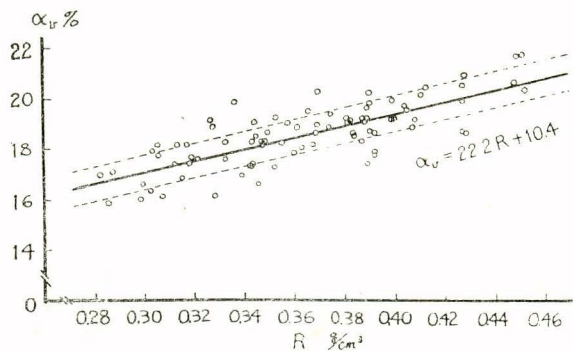


図 19. 春材部 α_v と R 図 20. 秋材部 α_v と R 表 10. 春材部及び秋材部の a 及び b

α	$\alpha = a \cdot R + a$			
	a		b	
	春材	秋材	春材	秋材
α_t	+65.2	+11.9	-6.2	+7.2
α_r	+24.3	+12.5	-2.5	+3.1
α_v	+74.1	+22.2	-5.4	+10.4

即ち、 R が増大するに伴つて α が増加することは春材部秋材部共に同様であるが、春材部に於いては R の増加の割に α の増加が秋材部に於けるよりも遙かに急激である。又春材部にあつては R の増加に対する α_t の増加が α_r のそれよりも著しく急激であるのに対して、

秋材部にあつては逆に僅少ではあるが α_r の方が α_t よりも R に対する増加の割合が若干大に示されており、春材部 α と秋材部 α との定性的な差異が認められる。

又、春材部秋材部の別なく全測定値を通じて R に対する平均直線を求むれば、

$$\alpha_t = 25.7 R + 2.0$$

$$\alpha_r = 30.6 R - 3.7$$

$$\alpha_v = 50.8 R - 0.3$$

なる関係式を与え、 α_v は略々原点を通過する直線として示される。

b) α_l と R との関係

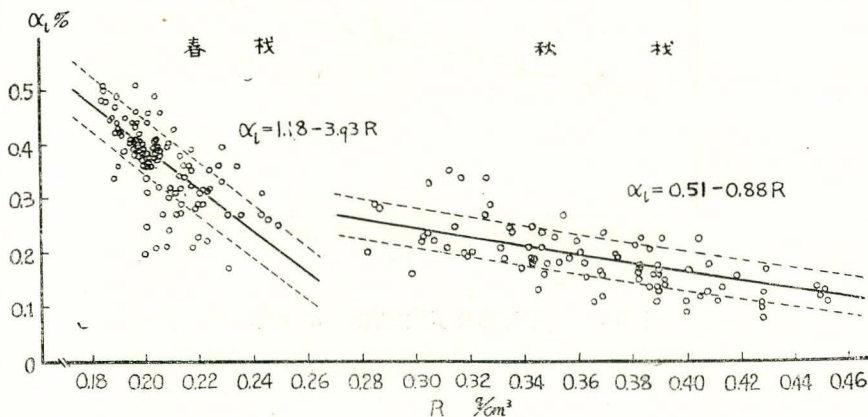
α_l と R との関係は図 21 に示される如くであるが、非常に小さい収縮量と非常に小さい試験片のために各測点の分散は激しく示されている。今、両者の間に直線の間係を仮定して最小自乗法によつて関係式を求めると、

$$\text{春材部: } \alpha_l = 1.18 - 3.93 R$$

$$\text{秋材部: } \alpha_l = 0.51 - 0.88 R$$

を与える。即ち、 α_l は α_t 、 α_r と反対に R の増加に伴い春・秋材部共に減少を示したが、春材部は秋材部に於けるよりも減少の割合が R の増加に対してより急激である。

図 21. 春材部及び秋材部 α_l と R



Ⅳ. 同一材片中に於ける春材及び秋材部の収縮率

(Ⅰ) 供試材及び測定法

前項に於いて分離せられた春材部及び秋材部の収縮率に就いて観察したが、これと比較考察するために同一材片中に於ける春材及び秋材部の収縮について観察した。

供試材は生材含水率測定供試木 TA 材の地上高 2.5 米附近から採取せる円盤 G から、その心材部に於いて基準寸法 20 mm. (半径方向) × 15 mm. (切線方向) × 3 mm. (繊維方向) の

薄い木口板を木取り、一年輪内の春秋材境界を檢鏡によつて決定し、これと年輪境界とを以て半径方向標点として髓線に沿つて年輪毎に標点が設定された。切線方向は各春秋材巾の中央位置に標点を設定することによつて春材帯及び秋材帯の収縮変形を代表せしめ、これら各標点距離を測定することによつて同一材片中に於ける春材及び秋材帯の半径方向、切線方向収縮率を求めた。これらの標点は各試片の両側及び表裏に設定され、従つて半径方向収縮率は表裏4値の、又切線方向収縮率は表裏2値の平均である。供試数は26個 (G—1~G—26)。

収縮率、容積密度数の定義及び測定法は前項と同様にして測定された。

各供試片に含まれたる完全なる年輪数は1~6個にして各試片はその年輪巾 D 、秋材率 d %、容積密度数等を異にする。それらの平均値を示せば表11の如くであつた。又、各供試片の平均秋材率と平均年輪巾とは略々直線的關係を与えてその大きさに反比例的關係を示したが、平均秋材率或は平均年輪巾と容積密度数とは明確な一次的關係を示さなかつた。

表 11. 供試体の R , D 及び d

	R g/cm ³	D mm	d %
算 術 平 均	0.338	4.997	21.9
標 準 偏 差	0.012	1.515	4.5
最 大 最 小	0.321~0.368	2.912~7.653	13.7~28.7

(II) 測定結果

斯くして得られた測定値より各項について取り纏めると次の如くである。

1. 収縮率の分布

各供試片に完全に含まれたる年輪数合計78個について、交互に存在する春材及び秋材層の α_r 及び α_t の値を見ると極めて激しい変移が認められる。同一試片内の α_r 及び α_t の分布状態は著しい浮動状態を示しており、試片は水分を喪失してくるとその柁目面に激しい凸凹を示し、絶乾時に至ると秋材帯の顕著な傾斜と春材帯の突出とが波形をなして明瞭に觀察される。例を G—2, G—15, G—25 にとつて観測された α_r 及び α_t をその年輪巾及び秋材率について図示すると図22及び23の如く示される。 α_t は各帯の中央位置に於ける測定値であるから必ずしも全帯の収縮率を示すものではないが、技術的に測定が困難であつたので之を以て代表値とした。春材及び秋材部を分離して別々に測定せる α は著しい差異を示したから、之らが癒合してひとつのブロックを形成する木材片にあつては、春秋材帯の各収縮率は互に他を牽制する。従つて一年輪内の春材帯及び秋材帯の収縮率はその連接する年輪のそれにも制約され、ために相隣る春材帯と秋材帯とであつても春材帯の方が秋材帯よりも大なる α_t を示すことはあり得る。従つて一年輪内の春材帯及び秋材帯のみの α を採り上げて比較することは無意味であらう。

図 22. α の分布 (G-2)

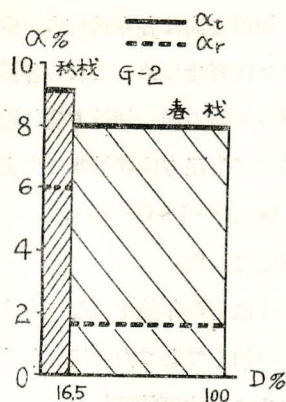
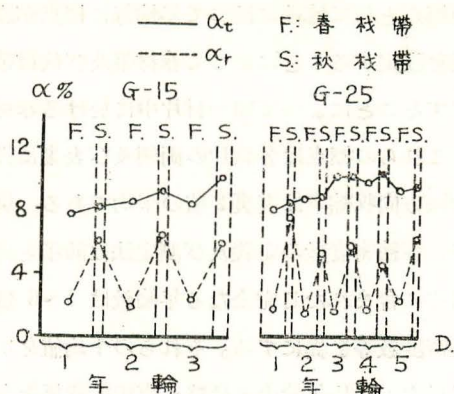


図 23. α の分布 (G-15, 25)



2. 全材部収縮率と R との関係

各試片について、春秋材帯別に観測された収縮率 α_t 及び α_r 夫々の平均値 (但し α_r は各標点距離を重みとする) を以て、その試片全体としての α_t 及び α_r とし、之とその試片の R との関係を求めれば図 24 及び 25 の如くなる。その分散域は広いが、原点を通過する直線関係と仮定して関係式を計算すれば、

$$\alpha_t = 26.3 R$$

$$\alpha_r = 8.1 R$$

を与える。此の様な関係式が一般に謂う所の木材の R と収縮率 α_t 若しくは α_r との関係であり、上述の如き同一材片中に於ける著しい α の変移にも拘らず、此の様な α が R に対して論じられている。

図 24. 全材部の α_t と R との関係

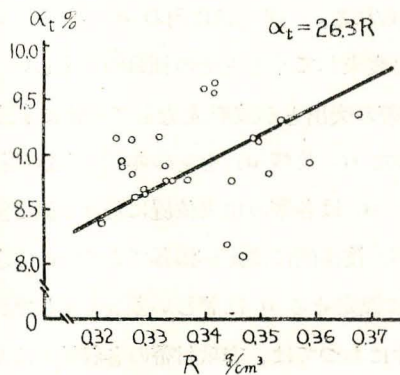
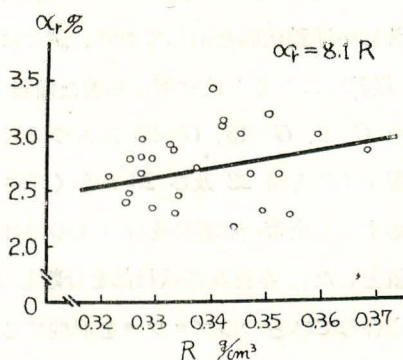


図 25. 全材部の α_r と R との関係



3. 同一材片中に於ける春材帯及び秋材帯の収縮率

観測された各 α_t 及び α_r の値から春秋材帯別に夫々の平均値を求め、全材部 α_t 及び α_r の平均値と比較表記すると表 12 の如くであり、同一材片中に於いても春材帯及び秋材帯

の α は顕著な差異をもつことが明かである。秋材帯 α は春材帯 α より大であつて特に α_r に於いて著しく示され、春材帯秋材帯について α_t 及び α_r の比較数を求めると表 13 の如くである。之によつても同一材片中に於ける春秋材帯の収縮様式の相違が確認される。

表12. 春材帯及び秋材帯の α_t 及び α_r

	全 材 部		$\alpha_r\%$		$\alpha_t\%$	
	α_r	α_t	春材	秋材	春材	秋材
算 術 平 均	2.76	8.90	1.87	5.93	8.46	9.31
標 準 偏 差	0.33	0.38	0.24	0.73	0.46	0.47

表 13. 春材帯秋材帯 α の比較数

	全材部 α_t/α_r	α_t/α_r		秋材 α /春材 α	
		春材	秋材	α_r	α_t
算 術 平 均	3.26	4.54	1.68	3.16	1.09
標 準 偏 差	0.34	0.58	0.19	0.49	0.05

4. 春材帯秋材帯収縮率と秋材率との関係

同一材片中に於ける春材帯及び秋材帯の半径方向収縮率を夫々 α_{rF} 及び α_{rS} とし、又切線方向収縮率を夫々 α_{tF} 及び α_{tS} として之ら4つの値と秋材率 d との間の関係を求めると夫々次の如き式を与える。

$$\alpha_{rS} = (2.91 + 0.018 d) \alpha_{rF}$$

$$\alpha_{tS} = (1.26 - 0.008 d) \alpha_{tF}$$

$$\alpha_{tF} = (4.25 + 0.013 d) \alpha_{rF}$$

$$\alpha_{tS} = (1.43 + 0.009 d) \alpha_{rS}$$

これによれば、此の観測の範囲内に於いては秋材率 d の増減によつて生ずる α_{rF} , α_{rS} , α_{tF} , α_{tS} 間の差異はそれ程大きくは示されぬことが認められる。恐らくは秋材率よりむしろ他の因子が何らかの役割をなすものであるからであろう。

V. 考 察

(1) 生材含水率

生材含水率に関する視察に就いては従来少なからぬ記述が為されている²⁾⁶⁾⁷⁾。然しそれらの多くは測定試片が大きく何れも 3, 4 乃至数年輪を含むものか或は辺心材部の代表供試片に依つたものであり、詳細な水分布状態は殆んど観察されていない様である。

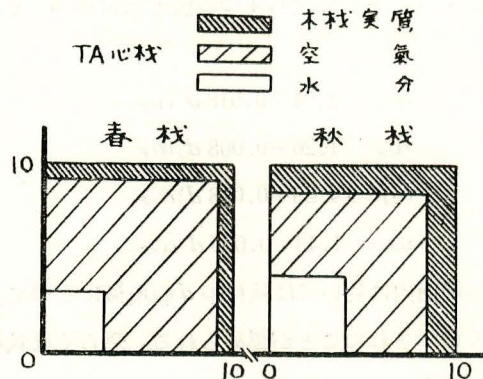
本報に於いて観察された供試体を水中浸漬して得られた最大含水率 φ_{max} は、木材の真比重を 1.56 と仮定して算出される最大可能含水率 φ'_{max} に例外なく略近似的であつて、全供試体

には水分収容能力を阻害すべき顕著な因子は見出せなかつたにも拘らず、測定値 φ 値は春秋材部間に明確な差異を示した(註)。木材が木材実質、空気及び水分の3者 (m , n 及び φ_v) によつてその空間を占められているものと単純に仮定してそれらの容積比を求めると表14に示される如くであり、大約の比率 $m:n:\varphi_v$ は、心材部に於いて春材部 16:74:10, 秋材部 25:58:17, 又辺材部に於いて春材部 17:23:60, 秋材部 25:22:53 程度であつてこの心材部の比率は図 26 の如くに図示される。 φ , φ_v 及び R の間には $\varphi_v = R \cdot \varphi$ なる関係があるから心材部に於いては春秋材部 φ_v の比は R の比に略々近い数値で示されている。併しここに云う n の占める部分が果して事実空気であるか否かについては不明である。

表 14. TA 材の m , n 及び φ_v (%)

材 部	心 材						辺 材					
	春 材 部			秋 材 部			春 材 部			秋 材 部		
	m	n	φ_v	m	n	φ_v	m	n	φ_v	m	n	φ_v
TA-I	15.5	75.7	8.8	27.6	54.2	18.2	16.0	21.3	62.7	24.7	23.9	51.4
TA-II	15.8	74.8	9.4	24.2	60.1	15.7	15.7	22.6	61.7	22.6	17.8	59.6
TA-III	16.5	72.5	11.0	22.6	60.7	16.7	19.1	25.2	55.7	26.4	24.5	49.1

図 26. 心材春秋材部の m , n 及び φ_v



E. Vintila 氏 (1939)⁵⁾ は kiefer 材の地上高 2.30 m に於ける1個の円盤について春材及び秋材部の湿度を観測し、心材部に於いて秋材部 φ が 29.4%, 春材部 φ が 30.2% で春材部 φ の若干高い結果を示し、これを繊維飽和湿度として説明した。然し本報に於ける観察によれば心材部に於ける秋材部 φ と春材部 φ との大きさは逆の結果を与え(表3及び図4), 秋材部 φ は春材部 φ を凌駕し、且つ地上高によつてその大きさを異にした。辺材部に於ける φ の春・秋材部間の差異は春材及び秋材細胞の水分収容能力の差として生理的及び形態的に説明されうであらうし、湿気密度について辺材部に於いては秋材部 φ_u が春材部 φ_u に殆んど匹敵

(註) 伐倒期の影響如何についてはこゝでは言及出来ない。

すること(表4, 図6及び図7)によつても一応は肯ける。一般に心材部に於いては細胞は枯死して生活作用を営まず水分通導には殆んど役立たないと説明されているが³⁾, 心材部に於ける水分の移動は主として物理的現象によるものであるか, 或は生理的現象に拠るものであるか。R. Trendelenburg 氏(1939)⁷⁾は Tanne 材の Nasskern について記述し, それが夏には消失して冬期に再び現われることを秋及び冬期間に於ける根圧の増加を以て説明し, 同材の辺材と Nasskern との間に僅少な含湿度をもつた3~4年輪巾の区域のあることを観察して, 最初に Trokenkern が形成された後, 再び湿気を以てみたされるものと推測した。又, 北村義重氏(1941)⁸⁾はトドマツ材の水喰い部について顕微鏡的観察を行い, 水喰い部が健全心材部と構造上何ら差異なく又菌類によつて破壊せられた部分でもないことを認め, 水喰い部の水分は生理的現象によつて存在したものでないと考えた。T. Lagerberg 氏(1936)⁴⁾は Nassholz を根水喰いと枝水喰いと2系統に分類し前者は根から生じ後者は枯死せる枝から生ずるものと説明した。本報に観察された水喰材が根水喰いか枝水喰いかは不明であるが, 心材部に於ける水分は樹体全域に恒つて不規則な分布をもつであろうと推測され, 且つ水喰い部の高含水域では春材部 ϕ が秋材部 ϕ を凌駕しているが, 低含水域では健全材心材部同様秋材部 ϕ が春材部 ϕ より大であつた。心材部に於ける水分の移動が主として物理的現象に拠るものであるとするならば, 観察せられた心材部に於ける春・秋材部含水率の差異は, 春材及び秋材の湿気的性能の差異について暗示的である。乾燥速度或は平衡含水率等の差異はこれらの観測事項を説明するに便ではあるが, 心材春秋材部含水率分布状態から直ちに之ら繊維飽和含水率などを論ずることは不可能であり, これらは木材の湿気伝滲に関する研究に俟つべきであろう。

(2) 容積密度散

観測された全供試体について, 春材部容積密度数 R は $0.164 \sim 0.353 \text{ g/cm}^3$, 秋材部 R は $0.266 \sim 0.568 \text{ g/cm}^3$ の範囲を示し, 春材部に於いて 0.189 g/cm^3 , 秋材部に於いて 0.302 g/cm^3 , 春・秋材部併せて 0.404 g/cm^3 の広い巾を持つた(表5)。秋材部 R は春材部 R の2倍近いからその分散度も亦或程度迄同様の関係にある。同一年輪内に於いては秋材部 R は常に春材部より大であつたが, 春材及び秋材部 R が描く頻度曲線は 0.087 g/cm^3 の交叉域を示した。併しこの内 TA 材は 0.087 g/cm^3 の交叉域を与え TC 材は 0.002 g/cm^3 の間隙を与えた(図10, 11, 12)。之らの事柄は春秋材部 R の浮動性に富むことを明らかに立証する。斯る春秋材部の交互の癒合に依つて構成される木材片中の R の分布状態は驚くべき変移をもつであろうし, 又木材片全体としての R の量も極めて浮動性に富むものとなるであろう。E. Vintila 氏(1939)⁵⁾が示した Kiefer 材及び Douglasie 材の春材及び秋材部 R の頻度曲線は明らかに交叉しないで 0.14 乃至 0.19 g/cm^3 の著しい間隙をもつた。又 B. H. Paul 氏(1939)⁵⁾が種々の Kiefer 樹種の春・秋材部 R について求め得た頻度曲線は部分的に明らかに交叉したが, 之は若い全樹幹から測定が行われた故であるという。

春・秋材部別 R の頻度曲線が交叉しないという事は春材部と秋材部とが一般に物性的に完全に不連続でありうる事を意味する可能性がある。又、木材片の R の大きさが細胞膜壁の量に基くものであるとすれば、春・秋材部 R の頻度曲線が交叉することは春材細胞膜壁よりも薄い膜壁をもつた秋材細胞のありうることを示す。此等 R 交叉域の有無が各樹体の個別的な特性であるか、或は試体採取の位置的条件に依るものであるかに就いては、本報の観測値からは言及出来ない。併し、地上高、樹心よりの年輪数、年輪巾、方位等の条件について観測値を取り纏めると表 15 に示す如くなり、地上高 1.5 m にして樹心より遠い部分に於いて観測せられた一群 (1, 2, 3) のみが (—) の交叉域を与え、他は一律的ではないことが認められる。

表 15. 春秋材別 R の交叉域

No.	交叉域* g/cm	地上高 m	年輪**	平均 年輪巾 mm	方位	供試木
1	-0.045	1.5	28~74	4.26	西	TA
2	-0.007	1.5	23~71	2.71	南	TC
3	-0.023	1.5	23~71	3.41	北	TC
4	+0.002	10.0	1~44	4.35	西	TA
5	+0.018	10.0	1~44	3.61	東	TA
6	-0.020	10.0	2~39	3.27	南	TC
7	-0.026	10.0	2~39	3.89	北	TC
8	+0.009	20.0	1~20	4.08	西	TA
9	+0.092	20.0	1~20	4.23	東	TA
10	-0.042	20.0	4~14	3.54	南	TC
11	-0.022	20.0	4~14	3.80	北	TC

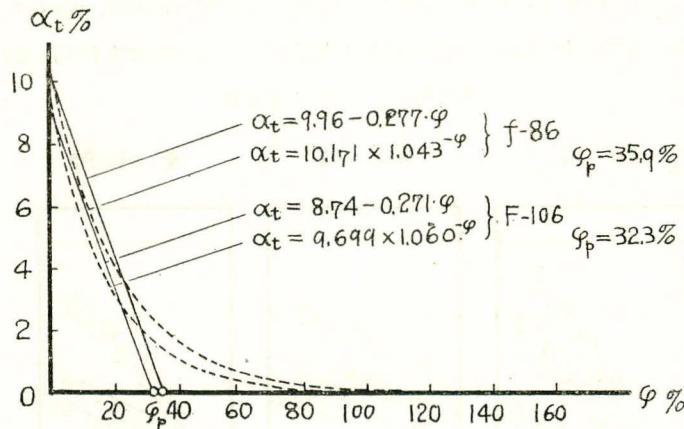
* + は交叉, — は間隙 ** 樹心よりの年輪数

(3) 収縮曲線

供試体の水分喪失に伴う収縮曲線を観察して収縮が高含水率に於いて既に開始せられることが認められたが (図 13 及び 14), 此の収縮の始まる含水率 φ の位置は恐らくは測定精度の問題であろうかと考えられるから、収縮率の測定に当つては完全飽水時を基準として観測することが必要とされる。若し此の高含水率に於ける収縮が材の水分傾斜に拠る表面収縮の故であると仮定すれば、低含水率に於ける各測点から計算された直線と φ 軸との交点、即ち $\alpha_t = 0$ なる時の φ の値 φ_p は真実の収縮が開始される φ の値を意味する筈である。今、求められた各直線式から φ_p の値を求めると、春材部 F-106 に於いて $\varphi_p = 32.3\%$ 、秋材部 f-86 に於いて $\varphi_p = 35.9\%$ なる値を与えて両者の間に 3.6% の差異を示す (図 27)。併し、この事から此の点が夫々の繊維飽和点であると見做すことは危険である。低含水率に於ける各測点は湿気方向を放湿—吸湿—放湿と進行させたにも拘らずすべて曲線的配列を示した。放湿吸湿に伴う収縮膨脹に履歴現象が在るとしても、低含水率に於ける収縮量の変移は何れの過程に於いても直線関係にはない様であり、又 φ_p の値も切線方向と半径方向とによつて相異なる如く

であつて、これらが何を意味するかについては未だ問題が残されている。

図 27. 収 縮 曲 線



収縮曲線が高含水率に於いて ϕ 軸を離れるという事は、すでに W.W.Barkas 氏 (1936)⁸⁾ によつて観察されている。同氏は 1 吋角 2~4 吋長の Beech 材について普通の方法で切線半徑両方向収縮変形を観察して、僅かな収縮が高含水率に於て示され、且つ低含水率に於ける収縮が直線的でないことを認めた。W. C. Stevens 氏 (1938)⁹⁾ は Beech 材の小薄片を水分傾斜及び温度効果を避けて、低溫高湿中にて徐々に脱湿せしめ、矢張り同様の現象を観察し、又吸湿に際してその膨脹が含水率約 20% 迄は同一の曲線を辿り、それ以上に於いて明確な Hysteresis を示すことを認めた。又 Barkas 氏は切線方向と半徑方向とによつて上記 ϕ_p の値が異なることを観察し、Wilson 氏 (1932) は此の臨界点に於いて眞の収縮が始まるものであると考えたが、Barkas 氏は更に精密な方法によつて “Working” S ($S=r+t-rt$, r 及び t は夫々半徑及び切線方向長さの変化量) の高含水率からの履歴を詳細に観察している。

本報に於ける観察によつて F-106 と f-86 との ϕ_p の値に差異が示されても、それは湿氣的性能の差異を意味しても繊維飽和点の差異を意味するものとは限らない。木材の繊維飽和点なる概念と収縮性能との結びつきは更に湿氣的性能に関する研究に拠らねばならない。

(4) 春材部及び秋材部の収縮変形

観察された春材・秋材部別の収縮率 α と容積密度数 R との関係式 (表 10 及び図 17~20) を纏めて図示すると図 28 の如くであり、春材部と秋材部との定性的な差異が明瞭である。然し之らの各直線は原点を通過していない。Newlin Wilson 氏等 (1919)⁷⁾ は多数のアメリカ産材について平均直線 $\alpha_w = 28 \cdot R$ を得てをり、 R の係数は結合水の割合を示すものであるとしたが、Stamm 氏 (1935) は結合水は比重が大となつてゐることを指摘して、此の様な関係に在る材は 28% の繊維飽和含水率を有すると説明した。各観測値について原点を通過する直線を以て示すと表 16 及び図 29 の如くなる。之に依つても春材部秋材部との収縮様式は顯著に

相違し、秋材部の α_t 及び α_r は春材部の α_t 及び α_r の間に挟まれる。又 R の係数が結合水の割合を表わすものと仮定すれば、秋材部のそれは春材部のそれよりも大で此等は 50% 前後の結合水をもつことになる。E. Vintila 氏 (1939)¹⁵ は Douglasie, Kiefer, Lärche 及び Tanne 材の各春材及び秋材部について収縮率を観察し、秋材部は春材部の約 2 倍の収縮率を

図 28. α と R との関係

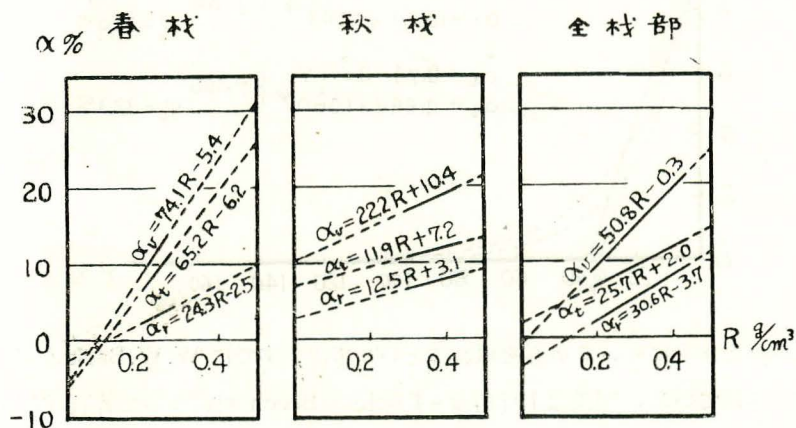
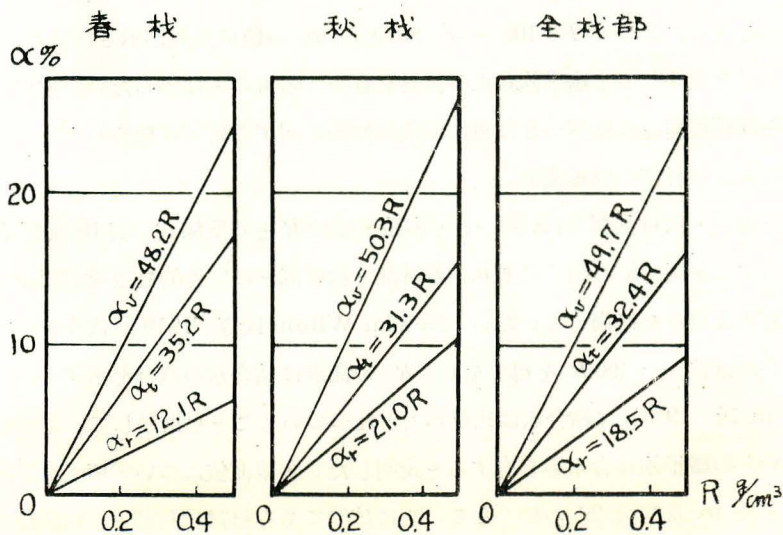


表 16. α と R との関係

α	春 材	秋 材	全 材 部
α_t	$35.2 R$	$31.3 R$	$32.4 R$
α_r	$12.1 R$	$21.0 R$	$18.5 R$
α_v	$48.2 R$	$50.3 R$	$49.7 R$

図 29. α と R との関係



示したが、 α_0 に対する R の係数は春材部の方が秋材部より大なることを認めた。併し、同氏は結合水が収縮に対する尺度であるという見方は広く全体としての木材に対しては実際に適合しているが、しかし木材から取出された春材部及び秋材部については何らより以上の妥当性もないことを説明し、又 α_t と α_r との差異については Micellspiralen の差異によるものであるとされた。本報に於けるこれだけの観測値からは、春・秋材部 α の差異が形態学的、化学的或は微細構造的に何如なるメカニズムに拠るものであるかについては全く言及出来ない。

木材片中より取出された春材部及び秋材部の収縮率を、同一材片中に於ける春材帯及び秋材帯の収縮率と比較することは、全体としての木材の収縮様式を知るための助けとなる。観察された春・秋材部別 α 及び同一材片中の春秋材帯 α の収縮比 (表 9 及び 13) を比較表記すれば表 17 の如くである。両者は供試体条件を異にするために α の絶体値を直接比較することは許されないが、それらの収縮比を比較することは一応許容されよう。此の数値の差異から最も明らかに認められる事柄は、同一材片中に於ける春材帯の α_t が著しく増加することである。秋材帯 α_t の減少は当然考えられることであり、従つて、此等春秋材帯 α_t の大きさが春秋材部夫々の本来の量に至らぬことが、その垂直要素である α_r の大きさに及ぼす影響について考える事も可能である。併し、これらの春秋材帯 α_t の不自然な増加若しくは減少が夫々の α_r の減少若しくは増加に対して実際どの程度の役割をなすかに就いては此の観測値からは明らかにされないが、少くとも各材片構成要素の不自然な収縮変形はそれらの間に内部応力を生じ材の収縮様式を愈々複雑なものとする事は予想されるであらうし、又一材片収縮率の数値的表現に於いて測定条件の偶然性による差異も少くないであらうから更にそれらに対する厳密な規制も必要とされるであらう。

表 17. 春秋材 α の比較

供 試 体	—	α_t/α_r		秋材/春材	
		春材	秋材	α_r	α_t
春 秋 材 別	A σ	3.08 0.81	1.52 0.18	3.09 —	1.58 —
同 一 材 片 中	A σ	4.54 0.58	1.68 0.19	3.16 0.49	1.09 0.05

Ⅶ. 摘 要

北海道野幌国有林産のトドマツ材について生材含水率、容積密度数及び収縮率を春秋材部別に観察して次の如き結果を認めた。

(1) 生材の重量比含水率 φ は健全材の心材部に於いて約 40% を保ち、辺材部に於いて突然の上昇を示して約 200% 程度であつた。春材部 φ は秋材部 φ に比して心材部に於いて 3~5% 低く、辺材部に於いては約 2 倍の φ を示した。水喰い材の心材部に於いては不規則な

分布を示したが高含水率を除いて秋材部 φ は春材部 φ より大であつた。但し伐倒期の影響については言及出来ない。

(2) 生材容積比含水率 φ_u については、心材部に於いては秋材部 φ_u は春材部 φ_u の2倍近く、辺材部に於いては秋材部 φ_u は春材部 φ_u に殆んど匹敵した。又、水分・空気及び木材実質の容積比は心材部に於いて、春材部 10 : 74 : 16, 秋材部 17 : 58 : 25, 辺材部に於いて、春材部 60 : 23 : 17, 秋材部 53 : 22 : 25 程度の比率を示した。

(3) 春・秋材部別容積密度数 R の年輪に対する分布状態は不規則な波状分布を示したが、春材部と秋材部とは概して並行的であつた。

(4) 年輪巾と春・秋材部別 R とは一次的関係を示さなかつた。

(5) 春材部 R 及び秋材部 R の頻度曲線は観測総度数について 0.087 g/cm^3 の交叉域を与えたが、此の内、一供試木は交叉域を又他の供試木は僅かな間隙を示した。全供試体の R の範囲は 0.404 g/cm^3 の巾をもち、このうち、春材部 R は $0.164 \sim 0.353 \text{ g/cm}^3$, 秋材部 R は $0.266 \sim 0.568 \text{ g/cm}^3$ の間に分布し、平均値に於いて春材部 R は 0.249 g/cm^3 , 秋材部 R は 0.389 g/cm^3 で $1 : 1.6$ の比を示した。

(6) 脱湿に伴う収縮曲線は高含水率に於いてすでに収縮し始めることを示し、又、低含水率域に於ける各測定点は一直線上に配列されなかつた。

(7) 春・秋材部別に木取られた供試体の収縮率 α については、秋材部 φ は繊維方向を除いて春材部 α より常に大きく、又、 R との関係に於いて春秋材部間の顕著な定性的差異を示した。

(8) 同一材片中に於ける春・秋材部の収縮率を観測して、材片中の α の分布が極めて浮動性に富むことを認め、又、春・秋材部別に測定せられた各収縮率と比較して材片中に於ける春・秋材部の収縮が著しく互に他を制約することを認めた。

(9) また秋材率は同一材片中に於ける春・秋材部 α の相互の関係について顕著な役割を果すものではないことが認められた。

文 献

- 1) 関谷文彦：木材の解剖的性質 1944
- 2) 田中勝吉，足立三郎：樺太産トドマツ立木の季節別含水率に関する調査 樺太庁中央試験所報告 第2類 第5号 1942
- 3) 坂村 徹：植物生理学 1943
- 4) 北村義重：水喰い材の性質について 北海道林業試験場時報 27号 1941
- 5) E. Vintila: Untersuchungen über Raumgewicht und Schwindmass von Früh- und Spätholz bei Nadelholzen. Holz als Roh-und Werkstoff 2 Jg. Heft. 10. 1939.

- 6) F.Kollmann: Technologie des Holzes. 1936.
- 7) R.Trendelenburg: Das Holz als Rohstoff. 1939.
- 8) W.W.Barkas: Recent work on the moisture in wood in relation to strength and shrinkage. Department of science and industrial research, Forest products research, Special report, No. 4. 1938.

Résumé

An attempt was made to inquire the distribution of moisture contents, bulk density of the green wood and the shrinkage, respectively on the early- and late-wood, of Todo-fir (*Abies Mayriana* Miyabe et Kudo) grown at Nopporo district in Hokkaidô.

The results obtained by this observation are as follows:

1) Measuring the moisture contents in green ($\varphi\%$), it was found that φ was about 40% in the duramen and getting suddenly higher φ in the alburnum about 200%. In the duramen, the late-wood had some higher φ than the early-wood, but in the alburnum, φ of the early-wood was some twice as large as that of the late-wood.

Table 1 shows the mean moisture contents in each part of stem.

Table 1. Moisture contents ($\varphi\%$) of different parts of stem.

Height above the ground (m)	Duramen.		Alburnum.	
	Early-wood.	Late-wood.	Early-wood.	Late-wood.
1.5	36.4	41.0	246.5	129.5
10.0	37.4	40.8	248.9	164.6
20.0	43.7	46.9	201.2	119.0

2) Moisture volume per unit dimensions ($\varphi_u\%$) of late-wood was almost twofold as large as that of early-wood in the duramen, but in the alburnum φ_u of late-wood came up to that of early-wood. Table 2 nearly shows the per-cent in volume of moisture, air and wood substance in the stem.

Table 2. Ratio of moisture, air and wood substance in volume.

Part of wood	Duramen.			Alburnum.		
	moisture.	air.	wood-substance.	Moisture.	Air.	wood-substance.
Early-wood.	10	74	16	60	23	17
Late-wood.	17	58	25	53	22	25

3) On the wet-duramen, it was observed that the moisture contents were remarkably low at the boundary between the alburnum and the duramen. From this fact it is assumed that the wet-duramen will be formed after the formation of normal dryduramen.

4) The distribution of the bulk density R g/cm³ (defined as the dry weight of the wood divided by the volume of the green sample), measured respectively on the early- and late-wood, as to the radial growth, was shown very irregularly, but, generally speaking, one was distributed in parallel with the other.

5) The correlations between R and the width of annual ring were not always close respectively on the early- or late-wood.

6) It was observed that the frequency curves of R respectively given by the early- and late-wood showed an intersection region 0.087 g/cm³ at one sample

stem, but another stem gave an interspace region 0.002 g/cm^3 .

The range of R in all values measured is 0.404 g/cm^3 , and R of the early-wood is distributed between $0.164 \sim 0.353 \text{ g/cm}^3$, the late-wood between $0.266 \sim 0.568 \text{ g/cm}^3$. The representative values of these R are as following table.

Under the present state, however, concerning to the conditions in the stem on which the existance of this intersection region on R curves depends, there is discussion no more.

Table 3. Bulk density of the early- and late-wood ($R \text{ g/cm}^3$).

$R \text{ g/cm}^3$	Early-wood.	Late-wood.
Arithmetic mean	0.249	0.389
Standard deviation	0.029	0.049
Median	0.251	0.393
Mode	0.23	0.39
Coefficient of variation	11.6	12.6

7) The shrinkage curves of early- and late-wood indicated that the small shrinkage occurred at high moisture contents and the shrinkage curve was not really straight at low moisture contents.

The shrinkage curve can be approximately expressed as $\alpha = A \cdot B^{-\varphi}$ α is the shrinkage mass (%) corresponding to the moisture content φ , A and B are variable on each sample, and A gives the maximum shrinkage mass α_{max} .

8) Measuring the shrinkage mass of early- and late-wood respectively, it was found that α_{max} was always larger in the late-wood than in the early-wood, only but on the longitudinal. Their mean values are as following:

Table 4. α of early- and late-wood. (%)

Part of wood.	Mean.	$R \text{ g/cm}^3$	$\alpha\%$ *			
			α_t	α_r	α_l	α_v
Early-wood.	Arithmetic mean.	0.207	7.30	2.49	0.36	9.95
	Standard deviation.	0.015	0.90	0.59	0.08	1.12
Late-wood.	Arithmetic mean.	0.365	11.54	7.69	0.19	18.49
	Standard deviation.	0.041	0.81	0.88	0.06	1.22

* Note. t : tangential, r : radial, l : longitudinal, v : volume.

The relations between R and α on the early- and late-wood are experimentally as next table, these equations do not pass through just the origin, but they show apparently the qualitative dissimilarity between the early- and late-wood.

Table 5. Relations between R and α on the early- and late-wood respectively.

α	Early-wood.	Late-wood.
α_t	$65.2R - 6.2$	$11.9R + 7.2$
α_r	$24.3R - 2.5$	$12.5R + 3.1$
α_v	$74.1R - 5.4$	$22.2R + 10.4$

If these equations should be past through the origin, they are shown as following table, and when it's assumed that the coefficient of R represents the ratio of absorptive water, it is, some large, about 50% and is larger in the late-wood than in the early-wood. The opinion as above, however, fits practically for the "whole wood", but it seems not for the "early-wood" or "late-wood" which are separated respectively from the "whole wood". But, it is not able to refer to the mechanism which plays on the dissimilarity of shrinkage between the early- and late-wood, under the present observations.

Table 6. Relations between R and α through the origin.

α	Early-wood.	Late-wood.
α_t	35.2 R	31.3 R
α_r	12.1 R	21.0 R
α_w	48.2 R	50.3 R

9) In the "whole wood" the early-wood zone and late-wood zone were measured on their shrinkagemass, and it was remarkably noticed that the distribution of shrinkage mass in the whole wood was very irregular and these two parts were controlling their shrinkage one another. This fact is very clearly shown comparing the ratio of shrinkage mass in these two regions with that of two parts measured respectively, as following:

Table 7. Comparison of shrinkage between the "whole wood" and the "early- and late-wood".

Sample.	α_t/α_r		Late-wood α /Early-wood α	
	Early-wood.	Late-wood.	α_r	α_t
in the whole wood.	4.54	1.68	3.16	1.09
measured respectively.	3.08	1.52	3.09	1.58