

木材材質の森林生物学的研究（第17報）

トドマツ材における容積収縮率のあらわれかた

—その年輪幅・晩材率との関係—

燕 木 自 輔⁽¹⁾

I ま え が き

トドマツ材における容積収縮率の一般的なあらわれかたについては、その試料の林分もしくは樹幹内での位置づけに関連して、第15報⁴⁾にややくわしく記載した。そこでは、木材の収縮率の大きさに関する支配的指標として、従来考えられてきた材の重さのみをもって規定することはおそらく不十分であり、他の何らかの生物学的指標をあわせ求めなければならないだろうことをみとめた。さらに、第16報⁵⁾では、カラマツ材を試料として、収縮率と年輪幅あるいは晩材率との関係について、容積密度数をも考慮にいれつつ若干の検討を試み、容積密度数と容積収縮率との関係が、材の年輪構成の集中的表現である年輪幅（あるいは晩材率）の大きさによって、かなり規制されるものであることをたしかめた。

この報告は、トドマツ材における年輪構成による容積収縮率のあらわれかたの変化を、同様な観点からあつづけることを目的とし、前報で概括的に検討された容積密度数と容積収縮率との関係の変動のしかたをふたたびトドマツ試料の年輪幅および晩材率との関連において観察して、これらの変化系列の実態についての知見をうるとともに、容積密度数と容積収縮率とのあいだに安定的な関係を保持する年輪構成領域が求められるかどうかをあわせて検討したものである。したがってここでは、まずこれらの年輪構成要素による α_v/R 値（容積収縮率と容積密度数との比の値）の変化についての一般的な記載をおこない、ついでその結果から容積収縮率に関する年輪幅における特性的な範囲を想定し、これにもとづいてさらにその年輪幅区分における α_v/R 値の変動の様式を検討してある。これまでにおこなったこの一連の研究計画のなかで、主として年輪構成および容積密度数構成の側から検討されてきた材質分類の考察の基礎について、これらの関連をたしかめることによって、さらにより明確なうらづけがえられるだろうと考えられたからである。

なお、これらの研究計画はほぼ一定段階の概括的結論がえられたので、長年月つづけられたこの一連の研究は本報をもって一応のけじめをつけることとした。

この報告のとりまとめにあたって、つねにご便宜と助言とをあたえられた上村木材部長ならびに加納材料科長に厚く謝意を表するとともに、とくに長いあいだこの一連の研究に直接間接ご援助をたまわった多くの方々に心から感謝するものである。

(1) 木材部材料科物理研究室長・農学博士

II 試料と測定方法

この報告に用いた試料は、北海道厚田地方における天然生林分から皆伐してえられた68本のトドマツ供試木 (*Abies Mayriana* MIYABE et KUDÔ) のうち、上層木群と下層木群の枝下材にぞくする健全正常材試験片合計 2,246 個である。

採材にあたっての標準地および供試木の詳細、あるいは林分における供試木の類別または樹幹部位の区分とその根拠などについては、これまでの報告^{1)7)~11)}にすべてくわしく記載してあるのでここには再掲しない。

試験片は、地ぎわから 2 m おきの円板において、5~10 年輪間隔の年輪境界と 2 つの半径にかこまれる、幅 4~5 cm、厚さ約 1 cm の扇形部分を、4 方位に鉋削木取りしたものであるが、その試料群による内わけ数は Table 1 にかかげるとおりである。

Table 1. 試料群べつ試験片数
Number of sample specimens at each group of testing material.

供試木の階層 Tree classes	供試木の生立斜面 Forest stand	辺材 Sapwood	心材 Heartwood	合 計 Total
上層木群 Upper storey trees	南斜面立木群 Trees at S-slope	100	721	821
	北斜面立木群 Trees at N-slope	101	562	663
下層木群 Lower storey trees	南斜面立木群 Trees at S-slope	62	268	330
	北斜面立木群 Trees at N-slope	70	242	312
	峰筋立木群 Trees at ridge	23	97	120
合 計	Total	356	1,890	2,246

これらの試料について、容積密度数 ($R \text{ g/cm}^3$)、容積収縮率 (全収縮率 $\alpha_v \%$)、平均年輪幅 ($D \text{ mm}$) および晩材率 ($p \%$) を測定したが、この試験片の木取りかたおよびその測定方法の詳細は、すでに報告してあるところと全くおなじである²⁾³⁾⁷⁾¹¹⁾。

III 測定結果と考察

まえの報告⁴⁾で、トドマツ材における容積収縮率のみかけの大きさが、試料の林分もしくは樹幹内での位置づけによって、複雑に変動するのみでなく、その容積密度数との関係においても、試料条件によってかなりあきらかな変化をしめすものであることをたしかめた。容積密度数 R が収縮率 α と密接な定性的関係をしめすことは、これまでの多くの研究で定説化されているから、その結果にもとづいて、この $R-\alpha_v$ 関係自体の変化を、年輪幅や晩材率に代表される年輪構成の変化に対応させて検討するために、各試料について、容積収縮率と容積密度数との比： α_v/R 値を求め、これをもって $R-\alpha_v$ 関係の一指標とみなし、この値の変動をいくつかの代表的な試料成立条件の例にしたがってとりまとめて述べる。

1. α_v/R 値の年輪幅・晩材率・容積密度数による変化

年輪構成についての集約的な指標として、年輪幅、晩材率および容積密度数を取りあげ、まず、これら

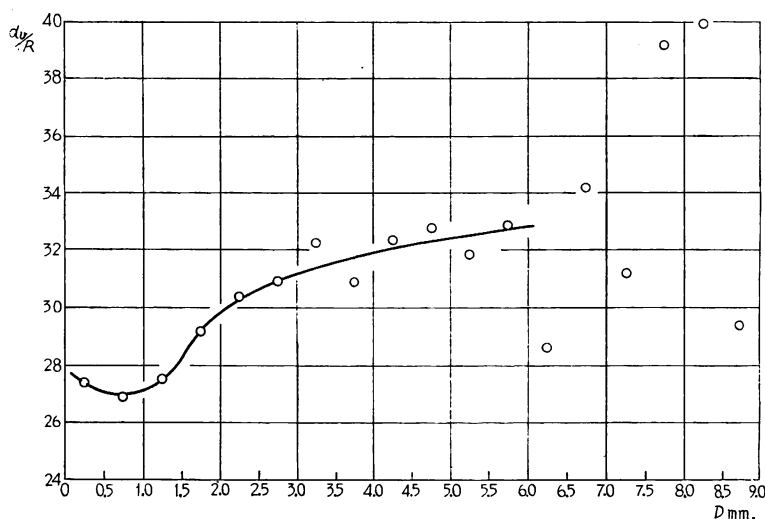


Fig. 1 年輪幅 (D) と α_v/R 値との関係
Relation between annual-ring breadth (D) and α_v/R .

の変化に対応する α_v/R 値の変動のしかたに関する知見を、それぞれの因子について独立的に記載しておく。

(1) 年 輪 幅

全測定値から、年輪幅 D : 0.5 mm の級間隔ごとに平均 α_v/R 値を求めて、年輪幅の変化にたいする α_v/R 値の変化を概観すると、Fig. 1 のとおりである。図にあきらかなように α_v/R 値は、年輪幅の小さいところではほぼ安定的にみえるが、年輪幅が大きくなるにつれて、急激な増大から漸増の方向をたどり、一定の年輪幅の大きさからはきわめて不規則な配列をあたえる。このことは、年輪幅の大きさが変われば、その材の $R-\alpha_v$ 関係もまた変わることを意味しており、その変化系列は、大まかにみればいくつかの部分に区分できるようにおもわれる。たとえば、 $D \approx 1.5$ mm 以下での $\alpha_v/R \approx 26 \sim 28$ 程度のほぼ安定的な部分、 $D \approx 1.5 \sim 2.5$ mm 間での α_v/R 値が急激に変化する部分、 $D \approx 2.5 \sim 6.0$ mm 間での $\alpha_v/R \approx 31 \sim 33$ 程度のほぼ安定的な部分、あるいは $D \approx 6.0$ mm 以上での α_v/R 値のいちじるしく不安定な部分などである。

トマツ材におけるこの変化傾向は、前報でみたグイマツあるいはシンシュウカラマツの場合³⁾ とそれぞれ異なったかたちでしめされており、 D と α_v/R 値との関係は樹種によっても特徴的な傾向をもつもののようであるが、 α_v/R 値の変化傾向からみて、いくつかの年輪幅区分を考えうという意味で一般性がある。

上層木と下層木

この関係を、試料が採取された供試木の階層によって類別してみると、Fig. 2 のようになる。上層木群からの試料と下層木群からの試料とは、明りょうな対蹠的傾向をあたえており、年輪幅の増加方向にしたがって、上層木群では α_v/R 値が増大してのちほぼ安定（さらに大きな年輪幅のものからは不規則性をおびる）となっているのにたいして、下層木群では α_v/R 値が低減してのちほぼ安定的となる傾向をしめす。

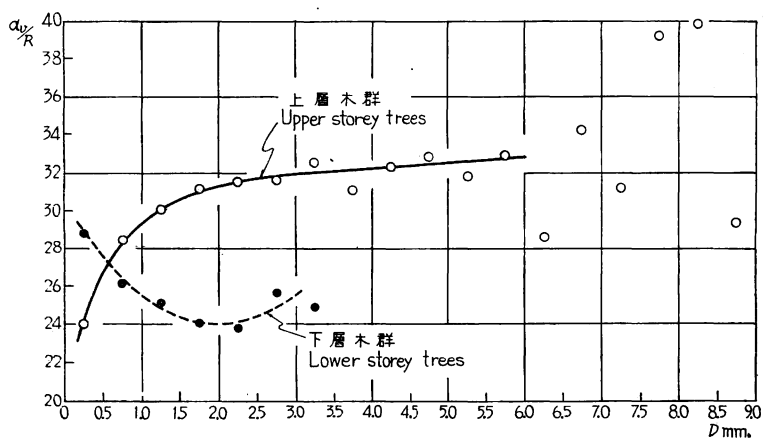


Fig. 2 上層木群と下層木群における年輪幅 (D) と α_v/R 値との関係
Relations between annual-ring breadth (D) and α_v/R at each group of specimens from upper or lower storey trees.

両者の曲線は、 $D=0.5$ mm 付近で交錯しており、まえの報告⁴⁾で、 α_v/R 値は、下層木群におけるよりも上層木群において、より大きくあらわれるとみとめたことは、この年輪幅約 0.5 mm 以下の範囲のものにはあてはまらないことになる。

したがって、おなじ年輪幅範囲でも上・下層木群によって異なる α_v/R 値を保持するわけであるから、 $R-\alpha_v$ 関係は、供試木の階層のような成長条件によってその変化系列を異にすると同時に、それぞれの条件のなかでも、年輪幅区分のような成長条件によっても異なった系列をあたえるものと考えなければならない。それゆえに、 $R-\alpha_v$ 関係のあらわれかたに関しては、供試木の階層による類別と半径成長量による類別とは区別して考慮にいらる必要がある。

供試木の生立斜面

Fig. 3 は、試料が採取された供試木の生立斜面べつに、同様な関係を比較図示したものである。これ

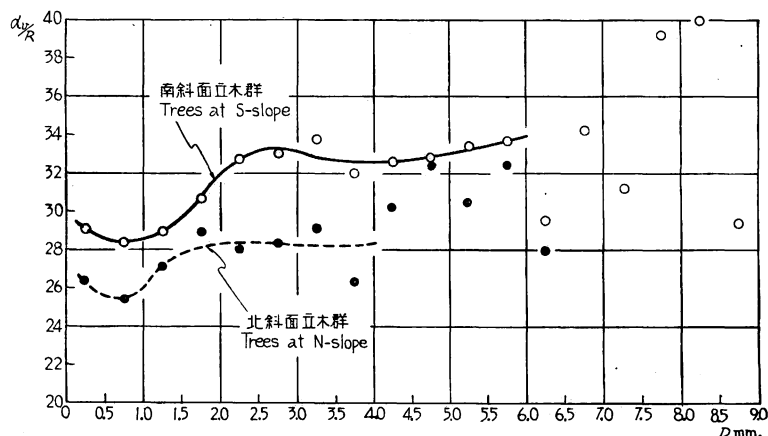


Fig. 3 南・北斜面べつ供試木群における年輪幅 (D) と α_v/R 値との関係
Relations between annual-ring breadth (D) and α_v/R at each group of specimens from trees at southern or northern slope of forest stand.

によれば、全体として、両斜面立木群とも、年輪幅の増加方向にたいして、 α_v/R 値が、ほぼ安定→増大→ほぼ安定→不規則の傾向をたどり、生立斜面べつに年輪幅範囲によって $R-\alpha_v$ 関係の変化系列を異にすることがみとめられる。

そのなかで、南斜面立木群の α_v/R 値は北斜面立木群のそれよりも、いずれの年輪幅範囲においてもより大きくあらわれ、両者は大きい年輪幅範囲のものをのぞいて、ほぼ平行的に変化しており、これは前報⁴⁾での結果が各年輪幅範囲においてもなり立っていることを意味している。

この結果をさらに上・下層木群べつにみれば、Table 2 のようになる。年輪幅の増加にたいする α_v/R

Table 2. 上・下層木群の生立斜面べつ試料群における年輪幅にたいする α_v/R 値の変化
Values of α_v/R in relation to annual-ring breadth at each group of specimens
from upper or lower storey trees at each forest stand.

年輪幅 Annual ring breadth (D mm)	上層木群 Upper storey trees		下層木群 Lower storey trees		
	南斜面 S-slope	北斜面 N-slope	南斜面 S-slope	北斜面 N-slope	峰筋 Ridge
～ 0.5	27.7	22.1	29.5	29.4	24.2
～ 1.0	30.2	27.2	27.6	24.3	26.7
～ 1.5	31.5	29.1	26.6	24.6	22.7
～ 2.0	32.0	30.5	26.2	23.0	22.6
～ 2.5	33.6	29.2	26.7	18.9	25.1
～ 3.0	33.4	28.5	28.7	26.8	23.0
～ 3.5	34.4	29.1	24.9	—	—
～ 4.0	32.3	26.4	16.6	—	—
～ 4.5	32.6	30.2	—	—	—
～ 5.0	32.8	32.5	—	—	—
～ 5.5	33.4	30.5	—	—	—
～ 6.0	33.7	32.4	—	—	—
～ 6.5	29.5	28.0	—	—	—
～ 7.0	34.2	—	—	—	—
～ 7.5	31.2	—	—	—	—
～ 8.0	39.2	—	—	—	—
～ 8.5	39.9	—	—	—	—
～ 9.0	29.4	—	—	—	—

値の変化は、大体において、上層木では増加→ほぼ安定→不規則の傾向を、また、下層木では低減→ほぼ安定→不規則の傾向をあたえ、かつ、南斜面立木のもは北斜面立木（または峰筋立木）のそれよりもつねに上まわってあらわれている。すなわち、年輪幅に対応する $R-\alpha_v$ 関係の発現様式は、供試木の階層による対蹠的傾向を保ちつつ、生立斜面による差異をしめすものであることがみとめられる。

したがって、前項でみたように、供試木の階層や生立斜面のような林分内での試料条件による $R-\alpha_v$ 関係の変動については、その試料の年輪幅の大きさを同時的にあわせて考慮しなければならないことになる。このことは、つぎに述べる樹幹内における試料の辺・心材区分についても同様である。

辺材と心材

年輪幅と α_v/R 値との関係を辺・心材べつに概観すると、Fig. 4 のようである。

年輪幅の増加にたいする α_v/R 値の変化は、辺・心材とも漸増の方向をたどり、 $D=4.0$ mm くらいま

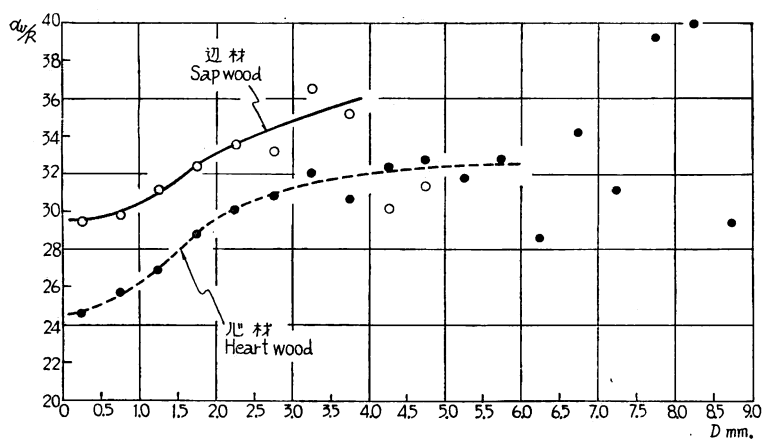


Fig. 4 辺材と心材における年輪幅 (D) と α_v/R 値との関係
Relations between annual-ring breadth (D) and α_v/R at each group of specimens from sap- or heartwood.

では辺材の値がつねに心材のそれを上まわってほぼ平行的に推移している。辺材では、この年輪幅範囲をこえると不規則性をおび、また、心材では、 $D=2.5$ mm くらいから安定的となり、 $D=6.0$ mm 付近をこえると不規則性をおびてあらわれる。

まえの報告⁴⁾で、 α_v/R 値は辺材において心材におけるよりもより大きくあらわれるとみとめたことは、

Table 3. 上・下層木群の生立斜面べつ、辺・心材べつ試料群における
年輪幅にたいする α_v/R 値の変化

Values of α_v/R in relation to annual-ring breadth at each group of specimens of sap- or heartwood from upper or lower storey trees at each forest stand.

年輪幅 Annual- ring breadth (D mm)	上 層 木 群 Upper storey trees						下 層 木 群 Lower storey trees							
	計 Total		南斜面立木 Trees at S-slope		北斜面立木 Trees at N-slope		計 Total		南斜面立木 Trees at S-slope		北斜面立木 Trees at N-slope		峰筋立木 Trees at ridge	
	辺材 S.W.	心材 H.W.	辺材 S.W.	心材 H.W.	辺材 S.W.	心材 H.W.	辺材 S.W.	心材 H.W.	辺材 S.W.	心材 H.W.	辺材 S.W.	心材 H.W.	辺材 S.W.	心材 H.W.
~0.5	26.0	23.8	23.1	28.4	28.9	21.6	29.7	26.1	30.5	27.5	30.3	24.3	25.4	18.5
~1.0	30.7	27.0	29.6	30.8	32.1	24.9	28.9	25.2	31.5	26.9	26.7	23.4	31.3	23.4
~1.5	32.3	29.2	32.7	31.0	32.0	28.3	27.8	25.0	28.4	26.0	28.2	24.5	25.5	22.0
~2.0	32.5	31.0	32.8	31.8	31.9	30.4	31.4	23.9	28.5	26.1	27.4	22.7	—	22.6
~2.5	33.7	31.4	35.3	33.4	31.9	28.9	30.7	23.6	—	26.7	30.7	17.9	—	25.1
~3.0	33.2	31.7	37.4	33.2	30.2	27.7	—	25.7	—	28.7	—	26.8	—	23.0
~3.5	36.5	32.3	36.5	34.3	36.5	28.2	—	24.9	—	24.9	—	—	—	—
~4.0	35.2	30.9	35.2	32.2	35.2	24.9	—	16.6	—	16.6	—	—	—	—
~4.5	30.2	32.4	—	32.6	30.2	30.3	—	—	—	—	—	—	—	—
~5.0	31.4	32.8	—	32.8	31.4	32.7	—	—	—	—	—	—	—	—
~5.5	—	31.8	—	33.4	—	30.5	—	—	—	—	—	—	—	—
~6.0	—	32.9	—	33.7	—	32.4	—	—	—	—	—	—	—	—

S.W. : Sapwood, H.W. : Heartwood.

各年輪幅階に対応させてもほぼ符合するものとみなされる。

Table 3 は、この傾向を、上層木群と下層木群とについてその生立斜面べつに比較したものである。

上・下層木群べつ辺・心材の全体的傾向をみると、 $D=4.0\text{ mm}$ 以下においては、いずれの供試木の階層にあっても、各年輪幅に対応する α_v/R 値は辺材が心材よりも大である。しかし、辺材または心材それぞれにおける α_v/R 値についての上層木>下層木なる関係は、年輪幅の小さい部分には符合しない。

これを供試木の生立斜面の区別を考慮にいれてみると、以上に観察してきた年輪幅の大きさに対応する α_v/R 値の変化系列について、いずれの試料群においても、上層木>下層木、南斜面立木>北斜面立木(峰筋立木)、辺材>心材などの傾向を大体において保持するが、その成立には年輪幅範囲による規定が必要であり、とくに小さい年輪幅と大きい年輪幅の範囲および辺材試料群において、より不規則性をおびることがみとめられる。 α_v/R 値の安定的領域の出現様式についてもまた同様である。

(2) 晩 材 率

晩材率の変化にたいする α_v/R 値のあらわれかたを、年輪幅についての観察と同様にして、晩材率 p : 5%の級間隔ごとの平均値によって概観すると、Fig. 5 にしめすとおりである。

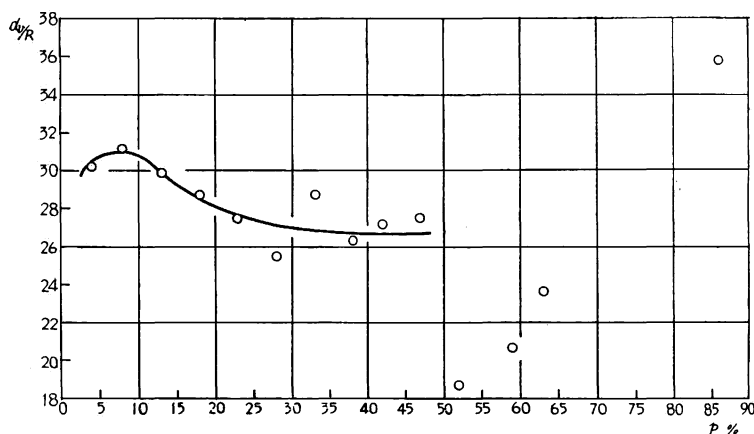


Fig. 5 晩材率 (p) と α_v/R 値との関係
Relation between late wood percentage (p) and α_v/R .

α_v/R 値は、晩材率の増加方向にたいして、はじめわずかに増加し、 $p=10\%$ をこえると低減しはじめ、やや安定的な推移ののち、 $p=50\%$ をこえるときわめて不規則なあらわれかたをあたえる。

この $p-\alpha_v/R$ 曲線の概括的なかたちは、まえにみたグイマツあるいはシンシュウカラマツの場合⁵⁾と、大きい晩材率範囲をのぞいてやや類似しているが、そのピークをしめす晩材率の大きさが異なっている。

このことは、年輪幅の変化による α_v/R 値の変動についての場合と同様に、晩材率の変化によってもまた α_v/R 値が変動すること、すなわち、 $R-\alpha_v$ 関係が晩材率の大きさにしたがって連続的に変動することを意味しており、これはまた、晩材率と容積密度数との一般的関係を考慮にいれて、次項で述べる $R-\alpha_v/R$ 曲線 (Fig. 9 など参照) とくらべてみても、両者はかならずしも一致しないことから、晩材率が容積密度数とは独立的に収縮率のあらわれかたにたいして果たす役割を考えなければならないことを意味している。

年輪幅の変化によって α_v/R 値が変化し、晩材率の変化によってもまた α_v/R 値が変化するとすると、

年輪幅と晩材率との関係が一律的であれば、これは事象の同一の側面を別の表現でとらえたにすぎないことになるが、年輪幅と晩材率との面積的な関係⁷⁾や年輪幅と晩材率と容積密度数との立体的な関係¹¹⁾などを考えれば、 $R-\alpha_v$ 関係のあらわれかたについては、年輪幅と晩材率との要素の組みあわせを考慮にいれなければ正確に把握できないことになる。このことについては前報⁹⁾でもふれたが、トドマツ材におけるこの点の検討はあとの項で述べることにし、ここでは、 $p-\alpha_v/R$ 関係が試料の成立条件でどのように変化してしめされるかについてのみ記載するにとどめる。

上層木と下層木

上層木群と下層木群とからの試料を分離して、晩材率の大きさによる α_v/R 値の変化を求めて Fig. 6 にしめす。

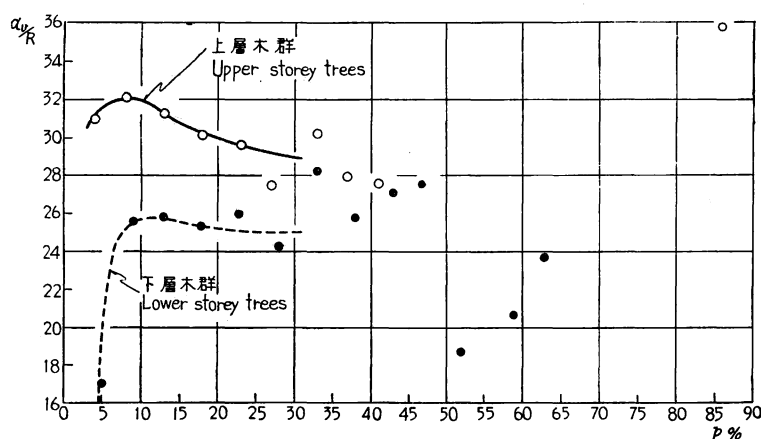


Fig. 6 上層木群と下層木群とにおける晩材率 (p) と α_v/R 値との関係
Relations between late wood percentage (p) and α_v/R at each group of specimens from upper or lower storey trees.

前報⁹⁾で上層木の α_v/R 値は下層木のそれよりも大きくあらわれるとみとめたことは、各晩材率範囲に対応させてもほぼ符合している。しかし、晩材率の増加方向にたいする α_v/R 値の変化は、晩材率の小さい範囲で上昇経過をもち、 $p \approx 10\%$ あたりから漸減する傾向をしめし、およそ $p \approx 30\%$ 付近をこえると不規則性をおびてくるようになる。

おなじ年輪幅でおなじ晩材率のものであっても、下層木にできる材は上層木にできる材より重くなる傾向があるが¹¹⁾、これまでにとめられたように、おなじ年輪幅またはおなじ晩材率でも α_v/R 値がちがってあたえられるということは、たんに、あとの項で述べる $R-\alpha_v/R$ 関係の特性のみにもとづくものとは考えられないから、供試木の階層的要素が年輪構成的要素にたいして、 $R-\alpha_v$ 関係のあらわれかたに関連する何らかの役割を果たしているものと考えなければならない。

供試木の生立斜面

同様な関係を、試料が採取された供試木の生立斜面の別によってしめすと、Fig. 7 のとおりである。

いずれの試料群のものも、晩材率が約30%をこえると α_v/R 値は不規則性をおびてくるが、晩材率の小さい部分をのぞくと、晩材率の増加につれて α_v/R 値は低減していく傾向をしめし、南斜面立木のものは北斜面立木のものをつねに上まわってあらわれる。これも前報の結果⁹⁾が各晩材率範囲に対応させてもほ

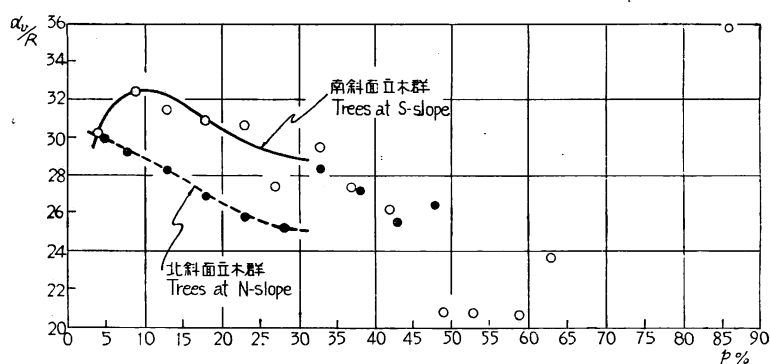


Fig. 7 南・北斜面べつ供試木群における晩材率 (p) と α_v/R 値との関係
Relations between late wood percentage (p) and α_v/R at each group of specimens from trees at southern or northern slope of forest stand.

Table 4. 上・下層木群の生立斜面べつ試料群における晩材率にたいする α_v/R 値の変化
Values of α_v/R in relation to late wood percentage at each group of specimens from upper or lower storey trees at each forest stand.

晩材率 Late wood percentage (p %)	上層木群 Upper storey trees		下層木群 Lower storey trees		
	南斜面 S-slope	北斜面 N-slope	南斜面 S-slope	北斜面 N-slope	峰筋 Ridge
~ 5	31.2	30.6	15.6	19.8	—
~10	33.0	30.4	26.9	24.0	28.5
~15	32.8	29.5	27.5	23.8	23.6
~20	32.4	28.3	27.8	22.5	23.5
~25	32.3	26.7	28.9	25.0	24.2
~30	31.0	25.1	25.7	25.3	20.5
~35	31.0	29.5	29.0	28.0	27.6
~40	27.3	29.7	27.6	26.9	21.6
~45	27.6	—	24.8	25.6	30.1
~50	—	—	20.9	26.4	—
~55	—	—	20.8	—	—
~60	—	—	20.7	—	—
~65	—	—	23.7	—	—

ほぼ符合することをしめしている。

Table 4 は、この傾向を上・下層木群の別によってしめたものである。

上層木群においては、 $p \approx 5 \sim 35\%$ の範囲で、南斜面立木の α_v/R 値が北斜面立木のそれよりも、より大きくしめされるが、下層木群においては、 $p \approx 10 \sim 40\%$ の範囲でのみ南斜面立木の α_v/R 値が北斜面または峰筋立木のそれをしのぐ。また、同一の生立斜面においては、いずれの晩材率範囲にあっても、上層木の α_v/R 値が下層木のそれよりもほぼつねにより大きくあらわれる。

全体としては、いずれの試料群も、晩材率の増加方向にたいして α_v/R 値が増加→低減→不規則の変化系列の部分にあたり、一定の傾向で位置しているが、晩材率の小さい部分と大きい部分および峰筋立木に

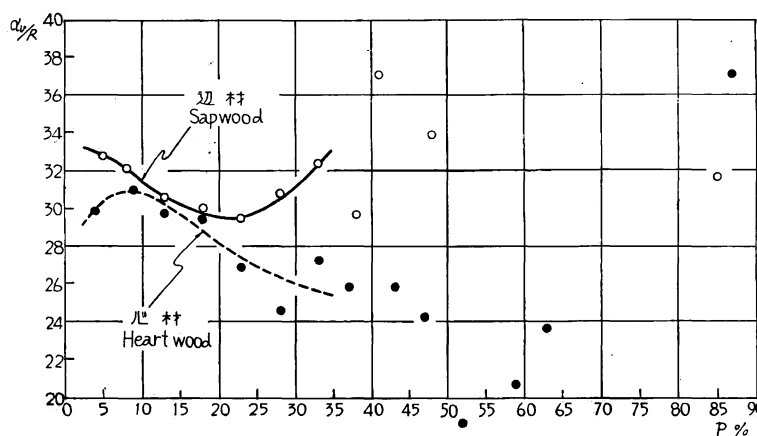


Fig. 8 辺材と心材における晩材率 (p) と α_v/R 値との関係
Relations between late wood percentage (p) and α_v/R at each group of specimens from sap- or heartwood.

においてはより不規則性にとんでいる。

以上の結果からしても、供試木の生立斜面的条件もまた、階層的条件と同様に、 $R-\alpha_v$ 関係の発現様式に關与するある役割をもつものと考えられる。

辺材と心材

辺材と心材における晩材率と α_v/R 値との概括的關係を Fig. 8 にしめす。

各晩材率範囲に対応する α_v/R 値は、辺材のものが心材のものよりほぼつねにより大きくあらわれる。晩材率の増加にたいする α_v/R 値の変化は、大体において、辺材で下に凸の、心材で上に凸の配列であたえられ、晩材率 $p=30\sim35\%$ をこえると不規則的なあらわれかたになる。このうち、 $p=10\sim20\%$ 前後の範囲では、辺材と心材とは近接した α_v/R 値をあたえており、晩材率が大きい部分と小さい部分とでは辺・心材の差異が大きくしめされる。

Table 5 は、この關係を供試木の階層とその生立斜面的の別によって比較したものであるが、上述の傾向は、上・下層木群の類別においても全体的傾向としてはほぼみとめられ、その辺・心材それぞれについても、いずれの晩材率範囲にあっても上層木が下層木よりもより大きな α_v/R 値をしめす。しかし、これに供試木の生立斜面的の条件を考慮にいれると、この關係にはやや不規則的な部分があらわれるが、各晩材率範囲にたいする α_v/R 値が辺材>心材となる傾向は、若干の試料部分をのぞいてほぼみとめられる。また各対応する試料群については、 α_v/R 値における上層木>下層木の關係はおおむねみとめられるが、南斜面立木>北斜面立木の關係は心材試料においてより明りょうであり、辺材試料においてはかならずしも一律的ではない。

晩材率の変化にたいする α_v/R 値の変化のしかたは、したがって、さきの年輪幅についての場合と同様に、総じて晩材率の大きい範囲と小さい範囲および辺材試料群においては、かなりの不規則性をおびやすいもののおもわれる。

(3) 容積密度数

容積密度数 R と容積收縮率 α_v との關係については、まえの報告でかなりくわしく記載したが⁴⁾、ここでは、容積密度数の大きさ自体にたいする $R-\alpha_v$ 關係の変動をみる意味で、前項までにみた二、三の試

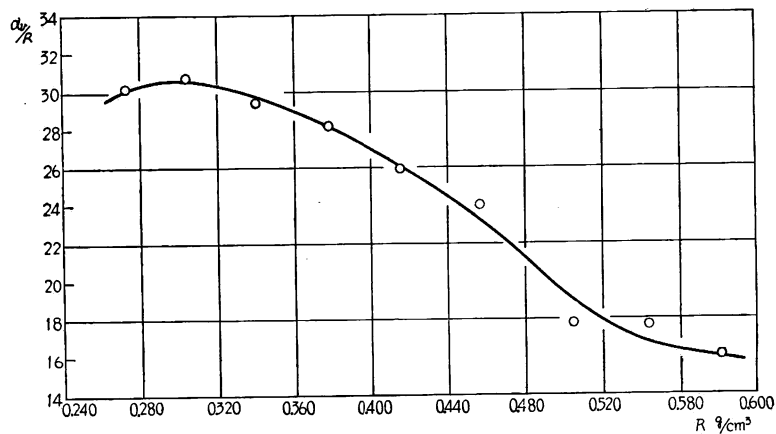
Table 5. 上・下層木群の生立斜面べつ, 辺・心材べつ試料群における
晩材率にたいする α_v/R 値の変化Values of α_v/R in relation to late wood percentage at each group of specimens
of sap- or heartwood from upper or lower storey trees at each forest stand.

晩材率 Late wood percentage (p %)	上 層 木 群 Upper storey trees						下 層 木 群 Lower storey trees							
	計 Total		南斜面立木 Trees at S-slope		北斜面立木 Trees at N-slope		計 Total		南斜面立木 Trees at S-slope		北斜面立木 Trees at N-slope		峰筋立木 Trees at ridge	
	辺材 S.W.	心材 H.W.	辺材 S.W.	心材 H.W.	辺材 S.W.	心材 H.W.	辺材 S.W.	心材 H.W.	辺材 S.W.	心材 H.W.	辺材 S.W.	心材 H.W.	辺材 S.W.	心材 H.W.
~ 5	32.8	30.8	33.8	30.9	29.1	30.7	—	17.0	—	15.6	—	19.8	—	—
~10	32.5	31.9	34.0	32.8	29.9	30.5	26.2	25.6	23.0	27.2	28.4	23.4	—	28.5
~15	31.5	31.3	31.0	33.0	31.9	29.0	28.0	25.4	29.8	27.1	25.3	23.5	—	23.6
~20	31.6	30.1	30.4	32.6	32.4	27.7	27.8	24.8	29.4	27.4	25.6	22.0	25.1	23.2
~25	34.3	29.3	31.0	32.3	36.6	26.1	29.0	24.5	33.8	26.7	27.6	23.2	25.8	23.6
~30	36.8	27.0	—	31.0	36.8	23.8	29.8	22.9	27.4	24.6	32.0	22.9	25.8	19.7
~35	34.4	29.0	36.0	30.5	34.0	27.3	32.0	26.6	30.3	28.3	33.9	26.0	31.6	25.3
~40	—	28.0	—	27.3	—	29.7	29.7	25.2	—	27.6	31.5	25.8	22.5	18.3
~45	—	27.6	—	27.6	—	—	30.1	25.5	—	24.8	—	25.6	30.1	—
~50	—	—	—	—	—	—	33.9	24.2	—	20.9	33.9	25.3	—	—
~55	—	—	—	—	—	—	—	20.8	—	20.8	—	—	—	—
~60	—	—	—	—	—	—	—	20.7	—	20.7	—	—	—	—
~65	—	—	—	—	—	—	—	23.7	—	23.7	—	—	—	—

S.W. : Sapwood, H.W. : Heartwood.

料条件のもとで α_v/R 値のあらわれかたを検討する。

Fig. 9 は, 総体的な $R-\alpha_v/R$ 関係を $R: 0.04 \text{ g/cm}^3$ 級間隔の平均値によってしめしたものである。
 α_v/R 値は容積密度数の増加にともなう, ほぼ安定的といってよいわずかな上昇ののち低減の方向をた
 どり, 大きい容積密度数範囲でふたたびほぼ安定的な移行をしめす。この安定的→低減→安定的という変

Fig. 9 容積密度数 (R) と α_v/R 値との関係
Relation between bulk-density (R) and α_v/R .

化傾向は、まえの報告で約8,000個の試料によってえた結果（第15報⁴⁾の Fig. 31）と全くおなじである。

このことは、 $R-\alpha_v$ 関係が R 自体の大きさによって、ちがった系列を保持することを意味しており、 α_v/R 値のほぼ安定的な容積密度数範囲のみが $R-\alpha_v$ 関係を直線的に仮定できる部分である。この図によれば、その部分の R の出現頻度が大きく、かつ、 $R-\alpha_v$ 関係を直線的にみなしうる範囲は、 $R \approx 0.4 \text{ g/cm}^3$ 程度より小さい部分についてである。しかし、この関係を、試料の成立条件によって類別してみる場合には、そのあらわれかたにかなりの特徴的な変化をしめすものであることが知られる。

上層木と下層木

容積密度数の変化に対応する α_v/R 値の変化のしかたは、供試木の階層によってあきらかな差異をしめす (Fig. 10)。

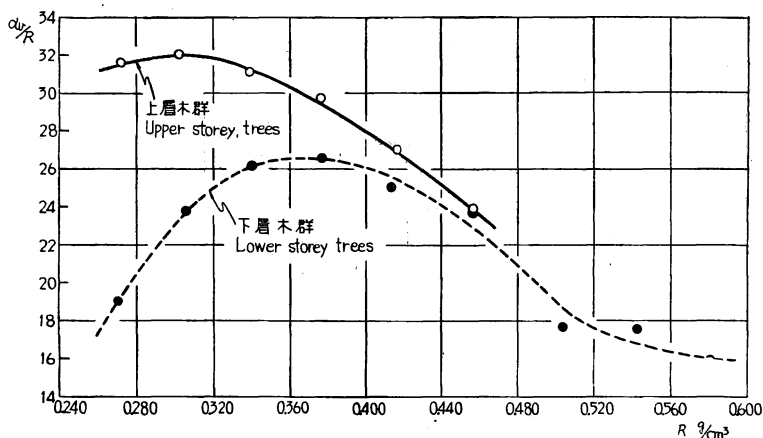


Fig. 10 上層木群と下層木群における容積密度数 (R) と α_v/R 値との関係
Relations between bulk-density (R) and α_v/R at each group
of specimens from upper or lower storey trees.

上層木においては、 R の増加につれて α_v/R 値がほぼ安定的な領域から低減していくのたいして、下層木においては、 α_v/R 値が増加→ほぼ安定→減少の傾向をたどる。上層木の α_v/R 値はつねに下層木のそれを上まわって変化しており、両者の差異は容積密度数が小さい範囲ほどいちじるしいひらきをしめす。

したがって、同一の R の大きさにたいして、上層木は下層木よりも大きい α_v をあたえると同時に、 $R-\alpha_v$ 関係が直線的とみなされる R の範囲は、供試木の階層によってズレてあたえられ、上層木で $R \approx 0.26 \sim 0.36 \text{ g/cm}^3$ 程度の範囲であるのたいして、下層木では $R \approx 0.32 \sim 0.42 \text{ g/cm}^3$ 程度の範囲で R の大きいほうに移動しており、かつ、その α_v/R 値、つまり直線の勾配は下層木においてはるかに小さくあらわれる。

供試木の生立斜面

試料が採取された供試木の生立斜面べつに $R-\alpha_v/R$ 値関係をみると、Fig. 11 のようである。 R の増加方向にたいして、 α_v/R 値が（増加→）ほぼ安定→減少の傾向をもつことは、両斜面立木とも共通であるが、 $R \approx 0.4 \text{ g/cm}^3$ くらいまでは南斜面立木の α_v/R 値が北斜面立木のそれを上まわって推移し、 R のこの大きさをこえると不規則的配列をあたえるようになる。

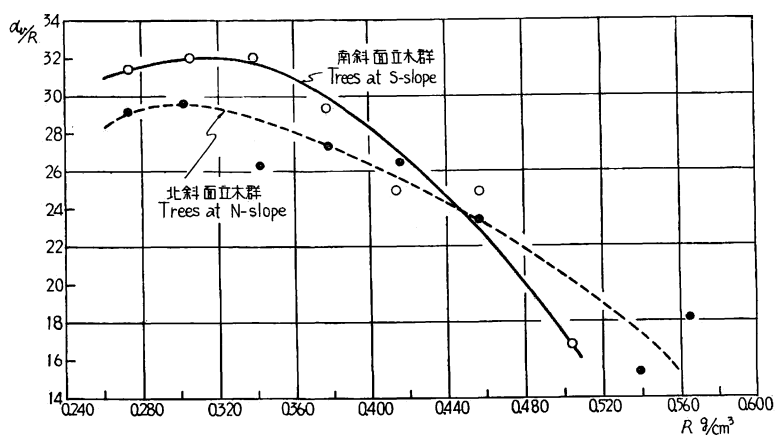


Fig. 11 南・北斜面べつ供試木群における容積密度数 (R) と α_v/R 値との関係
Relations between bulk-density (R) and α_v/R at each group of specimens from trees at southern or northern slope of forest stand.

Table 6. 上・下層木群の生立斜面べつ試料群における容積密度数に
たいする α_v/R 値の変化

Values of α_v/R in relation to bulk-density at each group of specimens from upper or lower storey trees at each forest stand.

容積密度数 Bulk-density (R g/cm ³)	上層木群 Upper storey trees		下層木群 Lower storey trees		
	南斜面 S-slope	北斜面 N-slope	南斜面 S-slope	北斜面 N-slope	峰筋 Ridge
~ 0.280	31.4	31.0	—	16.2	17.2
~ 0.320	32.7	31.2	26.2	22.5	22.7
~ 0.360	33.3	27.1	28.5	25.3	22.9
~ 0.400	31.7	28.5	27.4	25.4	26.5
~ 0.440	25.9	27.7	24.5	25.6	25.0
~ 0.480	24.9	16.9	24.8	23.9	—
~ 0.520	—	—	19.1	—	20.6
~ 0.560	—	—	—	15.4	19.8
~ 0.600	—	—	—	18.2	13.8

これは、 R のこの範囲のものは、南斜面立木の試料が北斜面立木のそれよりも、同一の R にたいしてより大きい α_v をあたえることをしめしており、したがってまた、 $R-\alpha_v$ 関係が直線的とみなされる部分の直線の勾配は南斜面立木においてより大きくあらわれることを意味している。

供試木の階層による類別を考慮にいれてこの関係をたしかめると、Table 6 にみるとおりであるが、各試料群とも、上述の傾向をほぼ保ちながら変化していることがみとめられ、上・下層木群それぞれにおいては、南斜面立木のものは大きい R 範囲をのぞいて北斜面または峰筋立木のものよりも、また、各生立斜面立木群それぞれにおいては、上層木のものは大きい R 範囲をのぞいて下層木のものよりも、より大きい α_v/R 値をあたえながら変化している。

辺材と心材

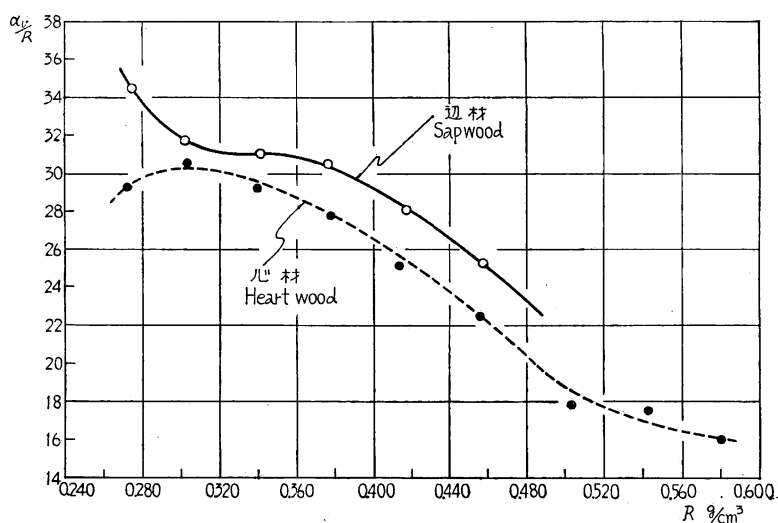


Fig. 12 辺材と心材とにおける容積密度数 (R) と α_v/R 値との関係
Relations between bulk-density (R) and α_v/R at each group
of specimens from sap- or heartwood.

Table 7. 上・下層木群の生立斜面べつ、辺・心材べつ試料群における
容積密度数にたいする α_v/R 値の変化

Values of α_v/R in relation to bulk-density at each group of specimens of sap- or heartwood from upper or lower storey trees at each forest stand.

容積密度数 Bulk-density (R g/cm³)	上層木群 Upper storey trees						下層木群 Lower storey trees							
	計 Total		南斜面立木 Trees at S-slope		北斜面立木 Trees at N-slope		計 Total		南斜面立木 Trees at S-slope		北斜面立木 Trees at N-slope		峰筋立木 Trees at ridge	
	辺材 S.W.	心材 H.W.	辺材 S.W.	心材 H.W.	辺材 S.W.	心材 H.W.	辺材 S.W.	心材 H.W.	辺材 S.W.	心材 H.W.	辺材 S.W.	心材 H.W.	辺材 S.W.	心材 H.W.
~0.280	34.5	30.9	37.3	29.8	29.6	32.2	—	16.9	—	—	—	16.2	—	17.2
~0.320	32.3	31.9	32.9	32.6	31.5	31.1	20.1	24.0	28.0	26.1	14.9	23.0	—	22.7
~0.360	31.4	31.1	31.6	33.5	31.3	26.1	30.7	25.3	31.7	27.6	31.4	24.4	25.7	22.5
~0.400	32.6	29.5	25.1	31.9	34.4	28.0	29.9	25.4	30.7	26.8	29.8	23.0	28.9	24.9
~0.440	—	27.0	—	25.9	—	27.7	28.1	24.1	27.6	23.4	29.7	24.5	26.1	22.1
~0.480	—	23.9	—	24.9	—	16.9	25.3	19.8	24.8	—	25.4	19.8	—	—
~0.520	—	—	—	—	—	—	—	19.6	—	19.1	—	—	—	20.6
~0.560	—	—	—	—	—	—	—	17.6	—	—	—	15.4	—	19.8
~0.600	—	—	—	—	—	—	—	16.0	—	—	—	18.2	—	13.8

S.W. : Sapwood, H.W. : Heartwood.

辺材試料と心材試料とを区別して $R-\alpha_v/R$ 値関係を図示すると, Fig. 12 にしめすようになる。

辺・心材の α_v/R 値は, R の小さい部分で減少または増加の対蹠的变化をしめすが, $R=0.3$ g/cm³ 付近からは, いずれも R の増加方向にたいして漸減の経過をたどっており, 辺材の値はいずれの R 範囲に対処させても心材のそれより大きくあたえられ, ほぼ平行的に推移している。

したがって、材の $R-\alpha_v$ 関係は、これらの辺材あるいは心材の類別によって異なる系列をもつと同時に、容積密度数自体の変化によっても異なってあらわれることになる。しかもこの変化のなかで、 α_v/R 値が安定的にあたえられ $R-\alpha_v$ 関係を直線的とみなしうる R の範囲は、その全範囲にくらべてけっして大きいものではない。これらのことは、これまでに観察してきた、年輪幅や晩材率および容積密度数などに関連する α_v/R 値のあらわれかたにおける、試料成立条件による変動についての結果と同様な傾向にあるといえる。

Table 7 は、この傾向を、上層木・下層木の別およびその生立斜面の別を考慮にいれてたしかめたものである。これによれば、試料の各成立条件は R 自体の大きさに関連する $R-\alpha_v$ 関係のあらわれかたにも、若干の不規則的試料群はあるが上記のようなかなり特徴的な変化にあたえるものであることが知られる。また、 α_v/R 値の安定性という点からは、 R の大きい範囲と小さい範囲とはいずれの試料群においても不安定の傾向がつよく、 $R-\alpha_v$ 関係がいちじるしく変動することをしめしている。

2. 特性的年輪幅の区分

以上の概括的な観察の結果、トドマツ材における α_v/R 値のあらわれかたは、年輪幅、晩材率あるいは容積密度数など各年輪構成要素それぞれとの関連においては、それら自体の大きさの変化に対応してそれぞれ変動すること、および、それらの変化系列が、供試木の階層、生立斜面あるいは辺・心材など代表的な試料成立の条件の例によってもまた変動するものであることなどがあきらかとなった。

また、これらの変化のしかたのなかで、年輪幅、晩材率あるいは容積密度数の大きい範囲と小さい範囲とにおいて、とくにいちじるしい変動や不規則的な変化がしめされることも共通的な特徴としてみとめられた。

トドマツ材における年輪幅、晩材率および容積密度数などのあらわれかたとその相互関連については、すでにこの一連の研究でほぼ十分に検討されているが⁶⁾⁷⁾¹¹⁾、 α_v/R 値の出現様式に関するこれまでの観察結果からすれば、 α_v または α_v/R 値がそれらの位置づけのなかでどのようにしめされるかをたしかめることが必要となる。以下の項では、前項までにみとめられた一般的傾向から推して、これらの指標の組みあわせにおける容積収縮率または α_v/R 値のあらわれかたを概括的に観察し、さきに安定的な材質の指標範囲を求めたところと同様に、もっとも簡単な指標である年輪幅によって、それらが区わけされうかどうかについて若干の検討を加える。

年輪幅と晩材率とによる α_v/R 値の分布

年輪幅 $D: 0.5\text{mm}$ 級間隔、晩材率 $p: 5\%$ 級間隔ごとの平均 α_v/R 値を求めて、年輪幅と晩材率とによる α_v/R 値の分布図を描かせると、Fig. 13 のようになる。

これによれば、年輪幅が一定でもその晩材率の大きさが変化すれば α_v/R 値も変化してあたえられ、また、おなじ晩材率であってもその年輪幅の大きさが変化すれば α_v/R 値も異なってしめされる傾向があるようにみなされる。この同一の晩材率であっても年輪幅を異にすると α_v/R 値が同一にあたえられないこと、いいかえれば、同一容積密度数に対応する容積収縮率の大きさが異なってあらわれることは、前報でグイマツとシンシュウカラマツとについて観察した傾向⁹⁾とおなじである。

α_v/R 値がこの傾向のなかで比較的に安定的なひろがりを持する範囲を求めると、それは図にみるように、年輪幅のよりせまい部分で晩材率の増加につれてより大きな年輪幅に移行する曲線と、年輪幅のよりひろい部分で晩材率の増加につれてより小さい年輪幅に移行する曲線とにかこまれる、ほぼ三角形の

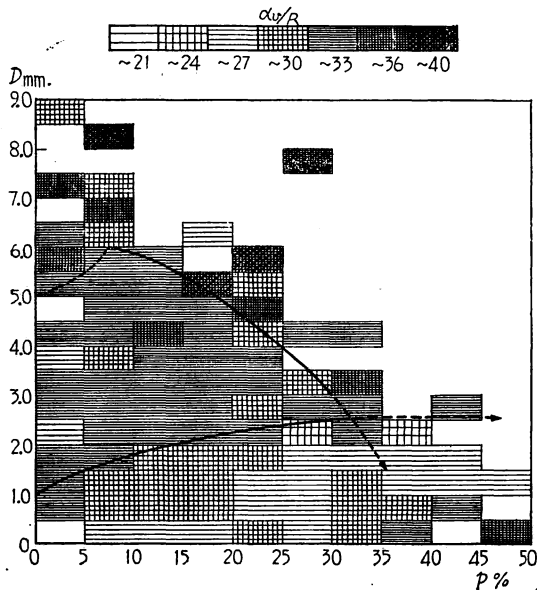


Fig. 13 年輪幅 (D) と晩材率 (p) による α_v/R 値の分布

Distribution of values of α_v/R in relation to annual-ring breadth (D) and late wood percentage (p).

度数が変化することによって、 α_v/R 値も変化してあたえられ、また、同一の容積密度数であってもその年輪幅が変化することによって、 α_v/R 値も変化してしめされる傾向がみとめられるようである。

α_v/R 値が比較的に安定的なひろがりをもつ範囲を求めると、Fig. 13 の場合と類似した傾向で、年輪幅のよりせまい部分で R の増加につれてより大きい年輪幅に移行する曲線と、年輪幅のよりひろい部分で R の増加につれてより小さい年輪幅に移行する曲線とにかこまれる範囲にほぼみとめられ、その範囲の α_v/R 値は大体 32 ± 1 ぐらいにしめされる。この部分を年輪幅と容積密度数とで表現すると、およそ、 $D \approx 2.0 \sim 5.0$ mm, $R \approx 0.28 \sim 0.40$ g/cm³ 程度の範囲であたえられるようにおもわれる。この年輪幅範囲および代表的 α_v/R 値は、さきの年輪幅と晩材率による α_v/R 値の安定域におけるそれらにほぼ一致している。

容積密度数が一定でも、年輪幅の大きさによって

範囲にみとめられるようであり、その範囲の α_v/R 値はおおむね 32 ± 1 程度にしめされる。

したがって、この範囲にくらべて、年輪幅の大きい部分と小さい部分、および、晩材率の大きい部分と小さい部分とによってあたえられる範囲では、比較的 α_v/R 値が不安定なあらわれかたをしており、ほぼ安定的にみなされる部分を年輪幅と晩材率とで表現すれば、およそ、 $D \approx 2.0 \sim 5.5$ mm, $p \approx 5 \sim 20\%$ ぐらいの範囲でしめされるようである。

年輪幅と容積密度数による α_v/R 値の分布

つぎに、年輪幅 D : 0.5 mm 級間隔、容積密度数 R : 0.04 g/cm³ 級間隔ごとの平均 α_v/R 値を求めて、年輪幅と容積密度数による α_v/R 値の分布図を描かせると、Fig. 14のとおりである。

これからすれば、年輪幅が同一でも容積密

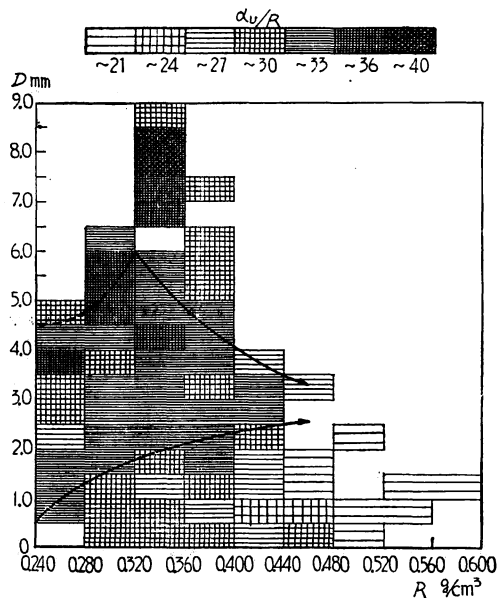


Fig. 14 年輪幅 (D) と容積密度数 (R)

による α_v/R 値の分布

Distribution of values of α_v/R in relation to annual-ring breadth (D) and bulk-density (R).

$R-\alpha_v$ 関係が変化するという事は、前述の、晩材率が一定でも、年輪幅の大きさによって $R-\alpha_v$ 関係が変化するという事とともに、年輪幅の大きさそのものが容積収縮率のあらわれかたに一定の役割を果たしているものと考えなければならないことになる。

ここで、晩材率と容積密度数とが一定の比例関係にあるとすれば¹²⁾、Fig. 13 と Fig. 14 とは同一のものを意味することになるが、トドマツ材における晩材率と容積密度数との関係はそれほど単純なものではなくて、年輪幅および晩材率の大きさによって規定されてくるかなり複雑な特性をもっている¹¹⁾から、Fig. 13 と Fig. 14 とはかならずしも相似しない結果をあたえている。

したがって、年輪幅と晩材率とによってきめられる容積収縮率の変化系列と、年輪幅と晩材率とによってきめられる容積密度数の変化系列とはズレを生じるはずであり、それゆえに、 $R-\alpha_v$ 関係は年輪幅および晩材率を考慮にいれずに規定することが困難となる。この場合、トドマツ材にあつては、年輪幅と晩材率と容積密度数との関係が検討され、年輪幅区分による晩材率と容積密度数との安定域がみだされている¹¹⁾から、 $R-\alpha_v$ 関係のあらわれかたをたしかめるためには、年輪幅を第一義的にとりあげることがかなり可能におもわれる。

年輪幅における特性的範囲

上記の全体的な年輪幅と晩材率または容積密度数との関連における α_v/R 値のあらわれかたから、年輪幅による安定的区分を概略的に想定すると、 $D=2\sim5\text{ mm}$ 程度のものを考えることができるが、さらに、年輪幅の変化に対応する、晩材率 p 、容積収縮率 α_v 、容積密度数 R および α_v/R 値の変化を、年輪幅 $D: 0.5\text{ mm}$ 級間隔ごとの平均値で概観して、それらの対応性について改めてたしかめてみると、Fig. 15 のようになる（晩材率および容積密度数に関する詳細は第5報⁷⁾ならびに第14報¹¹⁾を参照されたい）。

年輪幅の増加にともなう各要素の平均的变化は、晩材率では減少→やや安定→減少の経過をたどり、容積収縮率では減少から増加→やや安定→不規則、容積密度数では減少→やや安定→不規則の変化傾向をしめし、また、 α_v/R 値ではわずかな減少から増加→やや安定→不規則の変化傾向をあたえている。したがって、各曲線部分の対応性

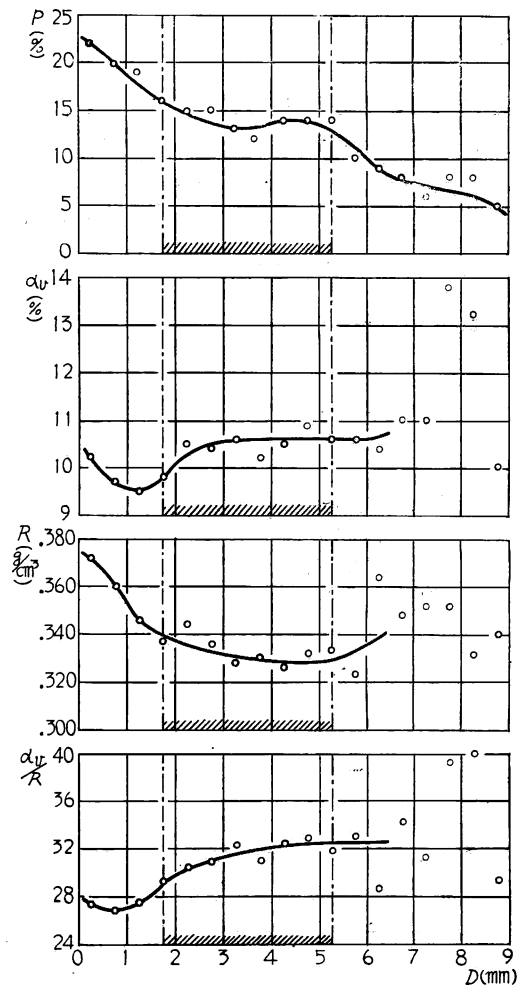


Fig. 15 年輪幅 (D) にたいする晩材率 (p)、容積収縮率 (α_v)、容積密度数 (R) および α_v/R 値の変化

Variation of average values of late wood percentage (p), volumetric shrinkage (α_v), bulk-density (R) and α_v/R in relation to annual-ring breadth (D).

を考えると年輪幅 2 mm 前後から 5 mm 前後までのあいだの部分が最もよく対応的に安定しており、これよりも年輪幅が小さい範囲でも、あるいはより大きい範囲でも、それぞれ対応性を欠くかまたは不規則性がこくなる傾向がみとめられる。これらの年輪幅範囲は、それゆえ、質的に異なる部分として考えることができるようにおもわれる。この傾向は、前報におけるグイマツやシンジュウカラマツの場合⁵⁾と共通である。

トドマツ材における容積収縮率のあらわれかたに関するこの対応的安定領域としての年輪幅 $D=2\sim5$ mm の範囲は、前記の年輪幅と晩材率または容積密度数とによる α_v/R 値の安定域とほぼ一致するものであり、また、すでにたしかめられた年輪構成的側面からする材質の安定域⁷⁾ともほぼ符合しているものである。

したがって、この年輪幅区分 $D=2\sim5$ mm のものは、収縮率のあらわれかたに関してもトドマツ材における年輪幅の特性的範囲として考えることが妥当であるとおもわれる。

3. 年輪幅区分における α_v/R 値の変化

前項の結果にしたがって、これまでに概観した晩材率または容積密度数と α_v/R 値との関係が、これらの年輪幅区分によって、どのように変化してくるのかについて再度の検討を加え、年輪幅を中心的指標とする容積収縮率の発現様式を内容的にたしかめてみることにする。

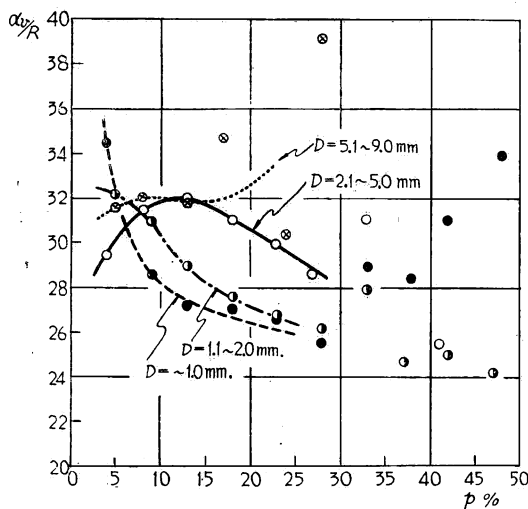


Fig. 16 年輪幅区分 (D) における晩材率 (p) と α_v/R 値との関係

Relations between late wood percentage (p) and α_v/R at each annual-ring breadth (D).

ほぼ安定→減少の傾向をしめし、 $D=5.1\sim9.0$ mm のものは α_v/R 値がほぼ安定→増加（不規則）の傾向をしめしており、年輪幅範囲が大きくなるにしたがって、 $p-\alpha_v/R$ 曲線が $p=5\sim10\%$ 付近を軸にして右上方に廻転しているようなかたちをあたえている。晩材率が 30% あたりをこえると、年輪幅区分による α_v/R 値の配列はいちじるしく不規則となる。

したがって、晩材率の大きい範囲と小さい範囲とをのぞけば、年輪幅区分による $p-\alpha_v/R$ 曲線はほぼ年輪幅範囲の大きい順に固有的に位置し、同一の晩材率に対応する α_v/R 値は、比較的に不規則な傾向に

(1) 晩材率と α_v/R 値

各試験片のもつ平均年輪幅を前記の観察結果から推して、 $D=\sim 1.0$ mm, $D=1.1\sim 2.0$ mm, $D=2.1\sim 5.0$ mm および $D=5.1\sim 9.0$ mm の 4 区分にわけ、それぞれの年輪幅区分における晩材率と α_v/R 値との関係を比較図示すると、Fig. 16 のようになる。

全体としてみると、各測点はいちじるしい分散をしめしているようにみえるが、晩材率の大きい範囲（ほぼ $p>30\%$ ）をのぞくと、各年輪幅範囲ごとにかなり規則的な配列を保持する傾向がみとめられる。

$p<30\%$ の範囲では、晩材率の増加につれて、 $D=\sim 1.0$ mm および $D=1.1\sim 2.0$ mm のものは α_v/R 値が低減する傾向にあり、 $D=2.1\sim 5.0$ mm のものは α_v/R 値が増加→

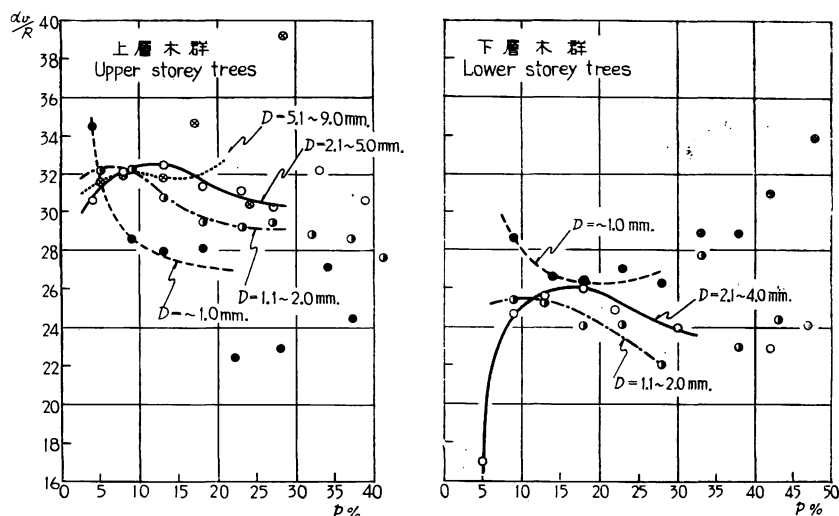


Fig. 17 上・下層木群の年輪幅区分 (D) における晩材率 (p) と α_v/R 値との関係
Relations between late wood percentage (p) and α_v/R at each annual-ring breadth (D) on each group of specimens from upper or lower storey trees.

ある $D > 5\text{mm}$ のものをのぞいて、年輪幅範囲が大きいものほどより大きな値をあたえる結果をしめし、かつ、各年輪幅範囲においても、その α_v/R 値が安定的にあらわれる晩材率の範囲が、かなり限定された領域にとどまることをしめしている。これらの傾向からすれば、晩材率の大きさは容積収縮率のあらわれかたに関して、各年輪幅区分ごとにそれぞれ固別的な意味をもっているものと考えなければならない。

上層木と下層木

この関係を、供試木の階層によって比較すると、Fig. 17 にしめされるように、かなり対蹠的な傾向をふくんでいることがわかる。

まえに絶体的にたしかめたように、下層木の $p-\alpha_v/R$ 関係は上層木のそれよりもひくい grade で配列されるが (Fig. 6 参照)、この傾向は各年輪幅範囲についてもおなじである。しかし、上層木にあっては、 $D > 5\text{mm}$ のものをのぞいて、晩材率の大きい範囲と小さい範囲との不規則的部分以外では、年輪幅区分の大きい順に、同一晩材率にたいする α_v/R 値の大きさが配列されるが、下層木にあっては、 $D \sim 1.0\text{mm}$ のものが他の年輪幅区分のものより、より上位に配列されている。下層木のこの年輪幅範囲の $p-\alpha_v/R$ 曲線は、上層木のそれにかかなり接近した位置にある。

したがって、年輪幅区分ごとの $p-\alpha_v/R$ 曲線は、 $D = 1.1 \sim 2.0\text{mm}$ および $D = 2.1 \sim 5.0\text{mm}$ の範囲のものでは上層木と下層木とでかなり大きなへだたりを保つが、 $D < 1\text{mm}$ のものではいちじるしい差異がしめされない ($D > 5\text{mm}$ のものは下層木にはあらわれていない)。それゆえに、 $p-\alpha_v/R$ 関係における供試木の階層による差異は年輪幅 1~5mm のあいだのものについてのみ考慮する必要があることになる。

供試木の生立斜面

供試木の生立斜面にもとづくこれらの差異を求めて Fig. 18 にしめす。

この関係はすでに Fig. 7 で概観したように、晩材率の大きい範囲と小さい範囲では不規則性にとむが、そのあいだの晩材率範囲では、いずれの年輪幅区分の $p-\alpha_v/R$ 曲線も、南斜面立木のほうが北斜面

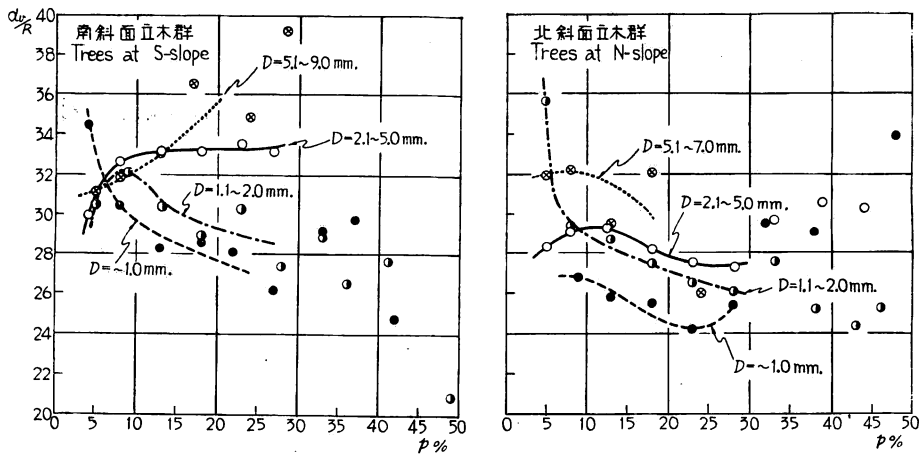


Fig. 18 南・北斜面べつ供試木群の年輪幅区分 (D) における晩材率 (p) と α_v/R 値との関係
Relations between late wood percentage (p) and α_v/R at each annual-ring breadth (D) on each group of specimens from trees at southern or northern slope of forest stand.

立木よりもそれぞれよりたかい grade で配列される。また、その晩材率範囲では、 $D > 5$ mm のものをのぞいて、同一晩材率に対応する α_v/R 値の大きさは年輪幅区分の大きさにほぼ配列される。 $D > 5$ mmの年輪幅区分のものはむしろ不規則的傾向がつよい。

しかし、この傾向をさらに供試木の階層べつにたしかめると (Table 8), 各年輪幅区分について上層木のものが下層木のものよりも、よりたかい grade で配列されることは一般的にみとめられるが、同一の

Table 8. 上・下層木群・生立斜面べつ試料群の年輪幅区分における
晩材率にたいする α_v/R 値の変化

Values of α_v/R in relation to late wood percentage at each annual-ring breadth on each group of specimens from upper or lower storey trees at each forest stand.

供試木の階層 Tree classes	供試木の 生立斜面 Forest stand	年輪幅 Annual-ring breadth (D mm)	晩材率 Late wood percentage (p %)									
			~5	~10	~15	~20	~25	~30	~35	~40	~45	~50
上層木群 Upper storey trees	南斜面立木群 Trees at S-slope	~1.0	34.5	31.1	29.7	28.9	30.0	28.6	28.3	24.5	—	—
		1.1~2.0	30.5	33.3	31.8	30.8	30.0	27.7	28.2	28.4	27.6	—
		2.1~5.0	31.2	33.0	33.6	33.5	33.3	33.2	35.1	—	—	—
		5.1~9.0	31.2	31.9	33.1	36.5	34.9	39.2	—	—	—	—
	北斜面立木群 Trees at N-slope	~1.0	—	25.1	26.5	27.8	18.7	19.1	25.4	—	—	—
		1.1~2.0	35.6	30.7	30.2	29.0	28.6	30.5	29.7	29.2	—	—
		2.1~5.0	29.2	30.1	29.9	28.5	27.4	27.2	30.8	30.6	—	—
		5.1~7.0	31.9	32.2	29.5	32.1	26.0	—	—	—	—	—
下層木群 Lower storey trees	南斜面立木群 Trees at S-slope	~1.0	—	29.1	27.6	28.7	30.2	25.5	28.7	31.6	24.8	—
		1.1~2.0	—	25.7	27.8	26.3	26.3	24.3	29.5	23.4	—	20.9
		2.1~4.0	15.6	28.1	28.2	28.0	—	—	27.2	—	—	—
	北斜面立木群 Trees at N-slope	~1.0	—	28.3	24.8	22.5	25.2	27.9	30.6	29.1	—	33.9
		1.1~2.0	—	24.5	23.7	22.4	24.3	22.2	27.2	24.4	24.4	25.3
		2.1~3.0	19.8	17.8	14.3	—	23.4	—	23.3	—	30.3	—

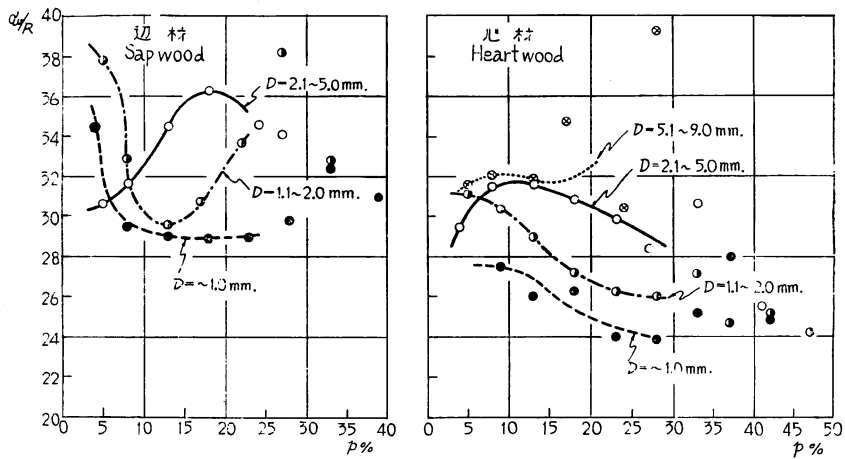


Fig. 19 辺・心材の年輪幅区分 (D) における晩材率 (p) と α_v/R 値との関係

Relations between late wood percentage (p) and α_v/R at each annual-ring breadth (D) on each group of specimens from sap- or heartwood.

晩材率に対応する α_v/R 値の大きさが年輪幅区分の大きさに順に配列される傾向は、下層木および北斜面立木のなかでかならずしも規則的にはあらわれない部分のあることが知られる。

辺材と心材

つぎに、辺材試料と心材試料との区別によって、年輪幅区分における p - α_v/R 関係を比較すると、Fig. 19 のようである。

年輪幅範囲の大きい部分と小さい部分とは、前述の場合と同様に、かなり不規則的傾向をしめすが、晩材率 10% 前後から 20~30% 前後のあいだにおいては、同一の晩材率に対応する α_v/R 値の大きさは、年輪幅区分の大きい順に配列される。この部分では、しかし、晩材率の増加方向にたいして、辺材にあっては α_v/R 値が $D < 1$ mm の年輪幅区分のものをのぞいて増加方向を保つのにたいして、心材にあっては $D > 5$ mm の年輪幅区分のものをのぞいて減少方向を保つ傾向が対蹠的にみとめられる。全体的には、辺材におけるほうが心材におけるよりも不規則的な p - α_v/R 曲線を描く。また、いずれの年輪幅区分についても、辺材のものは心材のものよりも、ほぼよりたかい grade で位置することがみとめられる。

Table 9 は、供試木の階層や生立斜面の条件を考慮にいれてこの関係をみたものである。

晩材率の大きい部分と小さい部分とは、相当な分散をしめし、若干の試料部分是不規則的な傾向をあたえてはいるが、一般に、対応する試料群における同一の晩材率にたいする α_v/R 値の大きさは、上層木のは下層木のものよりも大きく、南斜面立木のは北斜面立木のものよりも大きく、また、辺材のものは心材のものよりも大きくあらわれる傾向がつよい。しかし、 α_v/R 値が年輪幅区分の大きさにあたえられる傾向は、かならずしもすべての試料群について一律的ではない。

総体として α_v/R 値が安定的にあらわれる部分は、晩材率 10% 前後から 30% 前後までのあいだにあり、かつ、その値は年輪幅区分によって異なってあたえられることがみとめられる。

したがって、以上の各観察結果からすれば、容積収縮率のあらわれかたに関して、年輪幅あるいは晩材率などの要素を考慮にいれないで、たんにその容積密度数との関係のみについて検討することは、かなり異質的な性質をも含包したまま処理することとなり、収縮率の発現様式についての正しい認識をさまたげる危険をふくむものと考えられる。

Table 9. 上・下層木群の生立斜面べつ、辺・心材べつ試料群の年輪幅区分における
晩材率にたいする α_v/R 値の変化

Values of α_v/R in relation to late wood percentage at each annual-ring breadth on each group of specimens of sap- or heartwood from upper or lower storey trees at each forest stand.

供試木の階層 Tree classes	供試木の生立斜面 Forest stand	辺・心材 Sap- or heartwood	年輪幅 Annual-ring breadth (D mm)	晩材率 Late wood percentage (p %)									
				~5	~10	~15	~20	~25	~30	~35	~40	~45	~50
上層木群 Upper storey trees	計 Total	辺材 Sapwood	~1.0 1.1~2.0 2.0~5.0	34.5 37.8 30.6	30.9 33.1 31.6	29.9 30.7 34.5	30.0 31.8 36.3	— 33.3 38.4	— 38.2 34.1	35.0 35.7 33.2	— — —	— — —	— — —
		心材 Heartwood	~1.0 1.1~2.0 2.1~5.0 5.1~9.0	— 31.1 30.6 31.6	25.4 31.9 32.2 32.1	26.6 30.8 32.3 31.8	27.3 29.1 31.2 34.7	22.4 28.7 31.0 30.4	22.9 28.2 30.3 39.2	26.5 28.0 32.0 —	24.5 28.6 30.6 —	— 27.6 — —	— — — —
	南斜面 立木群 Trees at S-slope	辺材 Sapwood	~1.0 1.1~2.0 2.1~4.0	34.5 37.8 31.4	32.1 34.5 33.6	28.6 28.9 38.4	25.4 31.3 38.8	— 31.0 —	— — —	36.0 — —	— — —	— — —	— — —
		心材 Heartwood	~1.0 1.1~2.0 2.1~5.0 5.1~9.0	— 28.1 31.2 31.2	25.0 32.6 33.0 31.9	30.7 32.5 33.4 33.1	30.8 30.7 33.3 36.5	30.0 29.0 33.2 34.9	28.6 27.7 33.2 39.2	27.0 28.2 35.1 —	24.5 28.4 — —	— 27.6 — —	— — — —
	北斜面 立木群 Trees at N-slope	辺材 Sapwood	~1.0 1.1~2.0 2.1~5.0	— — 29.1	23.5 30.0 30.3	31.6 32.1 31.9	32.8 32.0 32.7	— 35.7 38.4	— 38.2 34.1	34.0 35.7 33.2	— — —	— — —	— — —
		心材 Heartwood	~1.0 1.1~2.0 2.1~5.0 5.1~7.0	— 35.6 29.2 31.9	25.5 30.9 30.0 32.2	24.3 29.9 29.6 29.5	25.9 28.5 27.3 32.1	18.7 27.9 26.8 26.0	19.1 29.1 24.9 —	16.7 27.7 28.1 —	— 29.2 30.6 —	— — — —	— — — —
下層木群 Lower storey trees	計* Total	辺材 Sapwood	~1.0 1.1~2.0 2.1~3.0	— — —	27.1 22.6 —	29.2 20.2 —	28.2 24.6 —	28.9 30.1 30.7	29.8 — —	32.0 32.2 —	30.9 — —	— — —	33.9 — —
		心材 Heartwood	~1.0 1.1~2.0 2.1~4.0	— — 17.0	30.1 25.5 24.7	25.5 25.5 25.6	25.5 24.1 26.0	24.4 24.1 24.8	24.2 22.1 24.0	25.8 26.9 24.8	28.5 23.0 —	24.8 24.4 22.9	— 24.2 —
	南斜面 立木群 Trees at S-slope	辺材 Sapwood	~1.0 1.1~2.0	— —	23.3 22.6	30.7 24.0	29.6 26.8	33.8 —	27.4 —	31.0 28.5	— —	— —	— —
		心材 Heartwood	~1.0 1.1~2.0 2.1~4.0	— — 15.6	32.1 25.9 28.1	26.4 28.1 28.2	28.3 26.3 28.0	26.3 26.3 —	24.8 24.3 —	27.1 27.9 27.2	31.6 23.4 —	24.8 — —	— 20.9 —
	北斜面 立木群 Trees at N-slope	辺材 Sapwood	~1.0 1.1~2.0 2.1~3.0	— — —	28.4 — —	27.0 18.1 —	25.6 — —	27.1 30.1 30.7	32.0 — —	34.4 33.4 —	31.5 — —	— — —	33.9 — —
		心材 Heartwood	~1.0 1.1~2.0 2.1~3.0	— — 19.8	28.2 24.5 17.8	23.7 24.2 14.3	21.2 22.4 —	22.3 23.9 20.9	24.0 22.2 —	26.8 25.9 23.3	27.8 24.4 —	— 24.4 30.3	— 25.3 —

* 峰筋立木試料群をふくむ

Containing the group of specimens from trees at the ridge.

(2) 容積密度数と α_v/R 値

$R-\alpha_v$ 関係は容積密度数自体の大きさによっても変化するから⁴⁾⁵⁾、ここでは、その変化系列が年輪幅の変動によってどの程度の差異をしめすものであるかについて検討を加える。

年輪幅区分を前項同様にして、それぞれの区分における容積密度数 R と α_v/R 値との関係を求めると Fig. 20 のようになる。

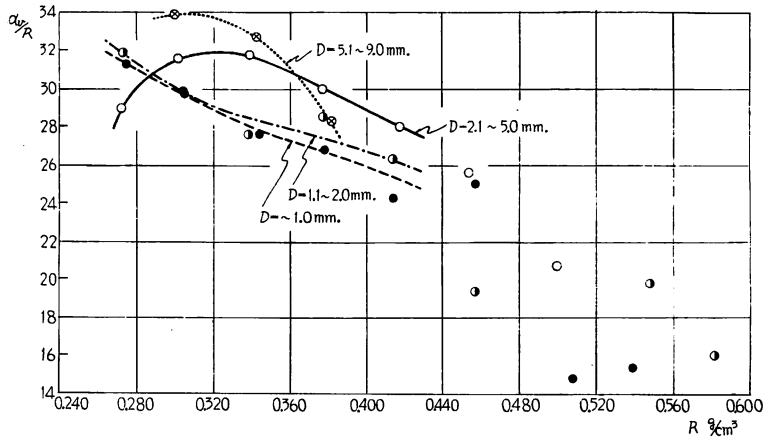


Fig. 20 年輪幅区分 (D) における容積密度数 (R) と α_v/R 値との関係
Relations between bulk-density (R) and α_v/R at each annual-ring breadth (D).

これによれば、容積密度数の増加にともなう α_v/R 値の変化は年輪幅区分によってズレてあらわれ、大きい R 範囲と小さい R 範囲とをのぞくと、 $R-\alpha_v/R$ 関係は、安定的→減少、または減少の傾向をしめし、同一の容積密度数に対応する α_v/R 値はほぼ年輪幅区分の大きさの順にあてえられる。ただし、 $D < 1$ mm のものと $D = 1.1 \sim 2.0$ mm のものとは、かなり接近した配列をしめしてあきらかな差異がみとめられない。容積密度数の大きさが約 0.44 g/cm^3 をこえると、 α_v/R 値の配列は不規則的な傾向がよくなる。

このような傾向は、同一の容積密度数であっても年輪幅区分によって $R-\alpha_v$ 関係が異なってあてえられることを意味しており、容積収縮率のあらわれかたに関する指標としては、容積密度数をとりあげると同時に年輪幅の大きさそのものを考慮しなければならないことになる。このことは、前報での *Larix* 系樹種についての結果⁵⁾と同様である。

以下にこの傾向を前出の若干の試料成立条件にもとづいて観察する。

上層木と下層木

供試木の階層によって類別される試料群について、年輪幅区分による $R-\alpha_v/R$ 関係の変化を比較図示すると Fig. 21 のとおりである。

上層木からの試料においては、 R の大きい部分と小さい部分とをのぞいて、 α_v/R 値は、ほぼ年輪幅区分の大きい順に配列しつつ R の増加につれて低減しているが、下層木からの試料においては、これと反対に $D < 1$ mm のものをのぞいて R の増加につれて α_v/R 値が増大する傾向をあてており、 $D < 1$ mm のものは $D > 1$ mm のものよりやや高い grade に位置して低減する傾向にある。

また、下層木の $D < 1$ mm のものは上層木の $D < 1$ mm のものに近接した位置に配列されているが、

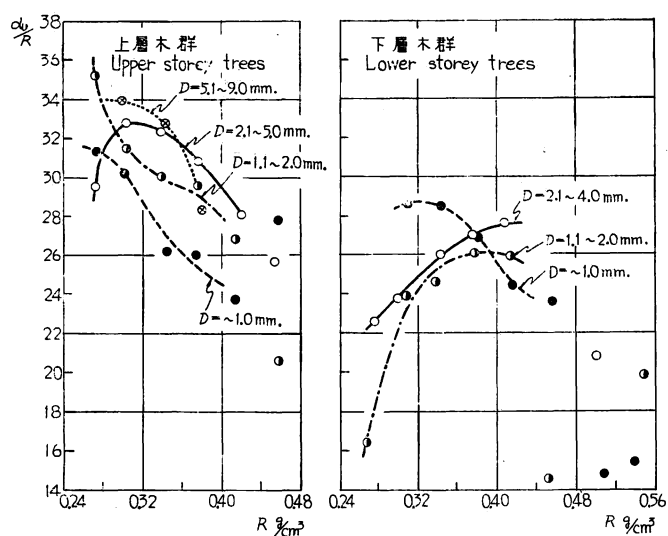


Fig. 21 上・下層木群の年輪幅区分 (D) における容積密度数 (R) と α_v/R 値との関係
Relations between bulk-density (R) and α_v/R at each annual-ring breadth (D)
on each group of specimens from upper or lower storey trees.

$D > 1$ mm の年輪幅範囲では、いずれも、同一容積密度数にたいして α_v/R 値が上層木試料において下層木試料におけるよりもより大きい値をしめしている。

したがって、 R — α_v/R 関係における供試木の階層による差異は、年輪幅 1~5 mm のあいだのものについてのみ考慮する必要があることになる。この年輪幅範囲は、 p — α_v/R 関係における供試木の階層によ

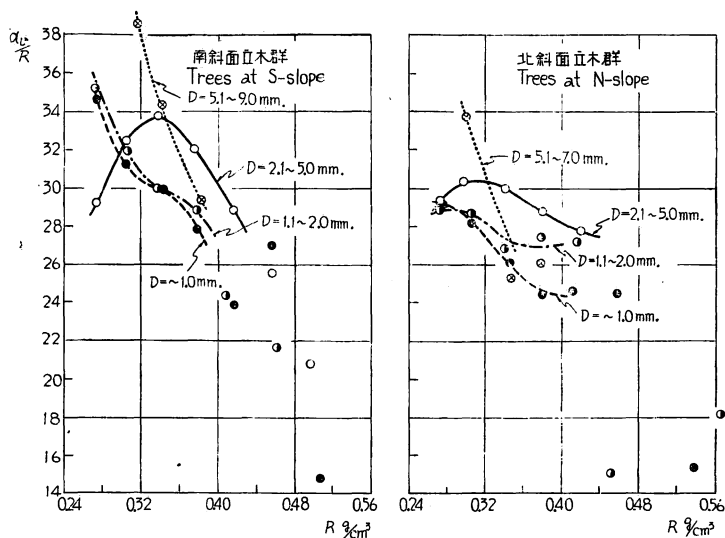


Fig. 22 南・北斜面べつ供試木群の年輪幅区分 (D) における容積密度数 (R)
と α_v/R 値との関係

Relations between bulk-density (R) and α_v/R at each annual-ring breadth (D)
on each group of specimens from trees at southern or northern
slope of forest stand.

る差異の場合と符合している。

供試木の生立斜面

Fig. 22 は生立斜面べつ試料群における年輪幅区分による $R-\alpha_v/R$ 関係の変化をしめしたものである。

いずれの生立斜面の試料もほぼ類似した傾向で、南斜面立木のものが北斜面立木のものよりも、いずれの年輪幅区分においてもよりたかい grade で配列される。ただし、容積密度数の大きい範囲と小さい範囲とは不規則性をおび、かつ、 $D \sim 1 \text{ mm}$ のものと $D=1 \sim 2 \text{ mm}$ のものとはかなり接近した位置にある。また、 $D > 5 \text{ mm}$ のものは R の増加にたいする α_v/R 値の減少の割合が急激であり、 $D=2.1 \sim 5.0 \text{ mm}$ のもののみが放物線的配列をしめしていることとともに特徴的である。

これらの傾向は、一定の容積密度数範囲においては、同一容積密度数・同一年輪幅であっても、試料の採取された生立斜面のちがいで、 $R-\alpha_v$ 関係がちがってあたえられることを意味しており、これは他の試料条件、供試木の階層や辺・心材などによる類別の場合と同様である。

Table 10 は供試木の階層的条件を考慮にいれてこの傾向を表示したものである。

Table 10. 上・下層木生立斜面べつ試料群の年輪幅区分における容積密度数にたいする α_v/R 値の変化

Values of α_v/R in relation to bulk-density at each annual-ring breadth on each group of specimens from upper or lower storey trees at each forest stand.

供試木の階層 Tree classes	供試木の 生立斜面 Forest stand	年輪幅 Annual- ring breadth ($D \text{ mm}$)	容 積 密 度 数 Bulk-density ($R \text{ g/cm}^3$)								
			~ 0.28	~ 0.32	~ 0.36	~ 0.40	~ 0.44	~ 0.48	~ 0.52	~ 0.56	~ 0.60
上層木群 Upper storey trees	南斜面立木群 Trees at S-slope	~ 1.0	34.6	29.9	29.3	30.8	23.4	27.8	—	—	—
		$1.1 \sim 2.0$	35.2	32.8	31.7	31.3	24.3	21.7	—	—	—
		$2.1 \sim 5.0$	29.0	33.1	34.0	32.2	29.5	25.6	—	—	—
		$5.1 \sim 9.0$	—	38.6	34.4	29.4	—	—	—	—	—
	北斜面立木群 Trees at N-slope	~ 1.0	29.2	30.5	23.9	23.5	25.1	—	—	—	—
		$1.1 \sim 2.0$	35.2	30.3	28.8	28.6	28.0	16.9	—	—	—
		$2.1 \sim 5.0$	30.4	32.0	30.4	28.8	27.6	—	—	—	—
		$5.1 \sim 7.0$	—	33.7	25.3	26.1	—	—	—	—	—
下層木群 Lower storey trees	南斜面立木群 Trees at S-slope	~ 1.0	—	28.2	29.9	28.4	24.0	24.8	14.8	—	—
		$1.1 \sim 2.0$	—	26.6	27.0	26.1	24.5	—	—	—	—
		$2.1 \sim 4.0$	35.2	24.5	27.4	27.0	27.8	—	20.8	—	—
		~ 1.0	—	28.9	28.0	24.8	24.6	24.5	—	15.4	—
	北斜面立木群 Trees at N-slope	$1.1 \sim 2.0$	16.4	22.6	24.0	26.4	26.5	14.6	—	—	18.2
		$2.1 \sim 3.0$	15.5	17.1	22.8	30.7	30.3	—	—	—	—
		~ 1.0	—	28.2	29.9	28.4	24.0	24.8	14.8	—	—
		$1.1 \sim 2.0$	—	26.6	27.0	26.1	24.5	—	—	—	—

各対応する年輪幅区分においては、容積密度数の両極をのぞいて、いずれも α_v/R 値が上層木のものは下層木のものよりも、また、南斜面のものは北斜面のものよりも、それぞれより大きい値をほぼ保つことがみとめられる。しかし、 $R-\alpha_v/R$ 関係が年輪幅区分の大きさの順の grade で配列される傾向は、下層木にあつてはいずれの生立斜面においてもみとめられない。

辺材と心材

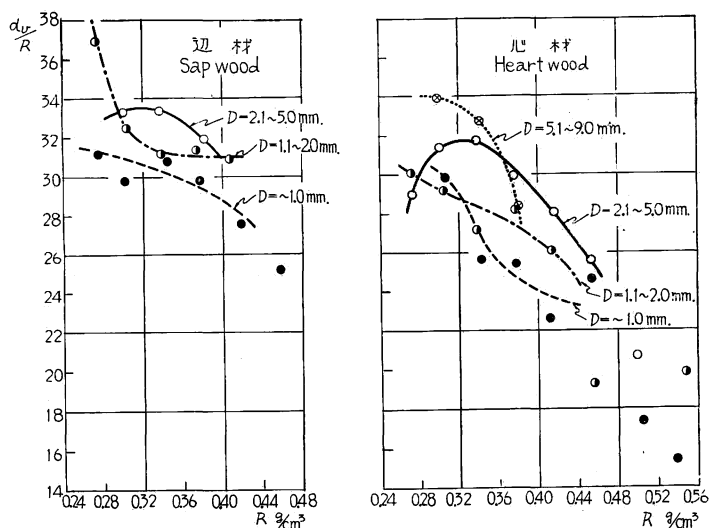


Fig. 23 辺・心材の年輪幅区分 (D) における容積密度数 (R) と α_v/R 値との関係
Relations between bulk-density (R) and α_v/R at each annual-ring breadth (D)
on each group of specimens from sap- or heartwood.

さらに、辺材試料と心材試料とにおける年輪幅区分による $R-\alpha_v/R$ 関係の変化について、Fig. 23 にしめす。

これまでに観察した各試料条件の場合とほぼ同様に、この条件の場合もまた年輪幅区分によって α_v/R 値の grade を異にし、容積密度数の大きい部分と小さい部分とをのぞいて、大体、年輪幅区分の大きい順に α_v/R 値が配列される。各対応する年輪幅区分においては、辺材試料のものは心材試料のものよりもつねに大きくあたえられる。

したがって、同一容積密度数にたいする容積収縮率のあらわれかたが、辺材において心材におけるよりもつねにより大きくしめされるという Fig. 12 の観察結果は、各年輪幅階に対応させてもなり立つことになり、内容的にはただ年輪幅区分によってその程度を異にするにすぎないということになる。この傾向は前項の $p-\alpha_v/R$ 関係における傾向とも符合するものである。

Table 11 は供試木の階層およびその生立斜面の条件をふくめて辺・心材べつにこれらの傾向をたしか

Table 11. 上・下層木群の生立斜面べつ、辺・心材べつ試料群の年輪幅区分
における容積密度数にたいする α_v/R 値の変化

Values of α_v/R in relation to bulk-density at each annual-ring breadth on each group of specimens of sap- or heartwood from upper or lower storey trees at each forest stand.

供試木の階層 Tree classes	供試木の 生立斜面 Forest stand	辺・心材 Sap- or heartwood	年輪幅 Annual- ring breadth (D mm)	容積密度数 Bulk-density (R g/cm ³)							
				~ 0.28	~ 0.32	~ 0.36	~ 0.40	~ 0.44	~ 0.48	~ 0.52	~ 0.56 ~ 0.60
上層木群 Upper storey trees	計 Total	辺材 Sapwood	~ 1.0	31.3	30.5	29.5	34.0	—	—	—	—
			$1.1 \sim 2.0$	37.1	33.3	30.7	32.7	—	—	—	—
			$2.1 \sim 5.0$	—	33.4	33.5	32.2	—	—	—	—

Table 11. (Continued)

供試木の階層 Tree classes	供試木の 生立斜面 Forest stand	辺・心材 Sap- or heartwood	年輪幅 Annual- ring breadth (D mm)	容積密度数 Bulk-density (R g/cm ³)								
				~0.28	~0.32	~0.36	~0.40	~0.44	~0.48	~0.52	~0.56	~0.60
上層木群 Upper storey trees	計 Total	心材 Heartwood	~1.0	—	29.5	24.0	25.8	23.7	27.8	—	—	—
			1.1~2.0	34.4	31.0	30.0	29.0	26.8	20.5	—	—	—
			2.1~5.0	29.6	32.7	32.2	30.2	28.2	25.6	—	—	—
			5.1~9.0	—	33.9	32.7	28.3	—	—	—	—	—
	南斜面 立木群 Trees at S-slope	辺材 Sapwood	~1.0	34.6	29.7	23.2	—	—	—	—	—	—
			1.1~2.0	38.4	34.6	29.8	23.8	—	—	—	—	—
			2.1~4.0	—	37.5	36.7	26.5	—	—	—	—	—
			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	北斜面 立木群 Trees at N-slope	心材 Heartwood	~1.0	—	30.9	31.5	30.8	23.4	27.8	—	—	—
			1.1~2.0	32.7	32.0	32.2	32.0	24.3	21.7	—	—	—
			2.1~5.0	29.0	32.9	33.9	32.4	29.5	25.6	—	—	—
			5.1~9.0	—	38.6	34.4	29.4	—	—	—	—	—
下層木群 Lower storey trees	計* Total	辺材 Sapwood	~1.0	—	22.1	31.2	29.8	27.7	25.3	12.1	—	—
			1.1~2.0	—	17.1	23.2	30.6	31.0	—	—	—	—
			2.1~3.0	—	—	—	30.7	—	—	—	—	—
			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	南斜面 立木群 Trees at S-slope	心材 Heartwood	~1.0	—	30.5	26.6	25.1	22.4	21.5	17.4	15.4	—
			1.1~2.0	16.4	24.2	24.6	25.7	25.5	14.6	—	19.8	16.0
			2.1~4.0	22.6	23.8	26.0	25.4	27.6	—	20.7	—	—
			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	北斜面 立木群 Trees at N-slope	辺材 Sapwood	~1.0	—	31.9	32.3	30.9	27.6	24.8	12.1	—	—
			1.1~2.0	—	24.1	23.3	28.5	26.8	—	—	—	—
			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
下層木群 Lower storey trees	南斜面 立木群 Trees at S-slope	心材 Heartwood	~1.0	—	27.5	28.3	27.5	21.9	—	17.4	—	—
			1.1~2.0	—	26.8	27.1	25.9	24.1	—	—	—	—
			2.1~4.0	35.2	24.5	27.4	27.0	27.8	—	20.8	—	—
			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	北斜面 立木群 Trees at N-slope	心材 Heartwood	~1.0	—	33.6	25.7	21.4	22.0	21.5	—	15.4	—
			1.1~2.0	16.4	23.0	24.0	25.3	26.0	14.6	—	—	18.2
			2.1~3.0	15.5	17.1	22.8	—	30.3	—	—	—	—
			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

* 峰筋立木試料群をふくむ

Containing the group of specimens from trees at the ridge.

めたものである。

全体として、各対応する試料群の α_v/R 値は辺材において心材におけるよりもより大きくあたえられる傾向をしめし、上層木のもは下層木のものよりも、また、南斜面立木のもは北斜面立木のものよりもより大きくあらわれる傾向がつよいが、この傾向についての不規則性は、容積密度数の大きい部分と小さい部分とにおけるとともに、心材よりも辺材において、南斜面よりも北斜面において、また上層木よりも下層木において、よりこくなる傾向がある。したがって、 α_v/R 値の配列が年輪幅区分の大きさの順にあたえられない試料部分や、 α_v/R 値の安定域が非常にせまい試料部分もあらわれる。

しかし、総体的にいついずれの試料部分においても、 $R-\alpha_v/R$ 関係が年輪幅区分によって異なる grade であたえられ、その α_v/R 値の安定域が変化してあらわれることがあきらかにみとめられる。

(3) 標準的年輪幅の抽出

以上の観察結果から、例示された試料成立条件の組みあわせにおける各試料群は、それぞれ、年輪幅区分によって異なる $p-\alpha_v/R$ 関係もしくは $R-\alpha_v/R$ 関係をあたえ、容積密度数と容積収縮率との関係はこれらの条件によって固有的にあらわれるであろうことがみとめられる。

Table 12. 各年輪幅区分 (D) において α_v/R 値がほぼ安定する晩材率 (p) と容積密度数 (R) の範囲およびその α_v/R 値
Range of late wood percentage (p) or bulk-density (R) at which α_v/R is nearly constant in each breadth of annual-ring (D), and their figures of α_v/R .

試料群 Group of specimens	年輪幅 (D) の範囲 Range of annual-ring breadth (D mm)	α_v/R がほぼ安定する p の範囲 Range of p at which α_v/R is nearly constant			α_v/R がほぼ安定する R の範囲 Range of R at which α_v/R is nearly constant		
		p の範囲 Range of p (%)	α_v/R の 範囲 Range of α_v/R	出現率 Frequency (%)	R の範囲 Range of R (g/cm^3)	α_v/R の 範囲 Range of α_v/R	出現率 Frequency (%)
上層木群 Upper storey trees	~1.0	5~20	28±1	81	0.320~0.400	26±1	59
	1.1~2.0	5~15	31±1	62	0.280~0.400	31±1	92
	2.1~5.0	5~25	32±1	91	0.280~0.400	32±1	93
	5.1~9.0	5~15	32±1	80	0.280~0.360	33±1	82
下層木群 Lower storey trees	~1.0	10~30	27±1	82	0.280~0.400	28±1	82
	1.1~2.0	5~25	25±1	71	0.280~0.440	25±1	97
	2.1~4.0	5~25	25±1	83	0.320~0.440	27±1	61
南斜面立木群 Trees at southern slope	~1.0	10~25	29±1	73	0.280~0.400	30±1	87
	1.1~2.0	5~15	31±1	59	0.280~0.360	31±1	72
	2.1~5.0	5~30	33±1	94	0.280~0.400	33±1	94
	5.1~9.0	5~15	32±1	76	0.320~0.360	34±1	72
北斜面立木群 Trees at northern slope	~1.0	10~30	25±1	86	0.360~0.480	24±1	55
	1.1~2.0	5~20	28±1	73	0.240~0.360	28±1	70
	2.1~5.0	5~25	29±1	93	0.240~0.400	29±1	95
	5.1~7.0	5~10	32±1	64	0.280~0.320	33±1	72
辺材 Sapwood	~1.0	5~30	29±1	86	0.240~0.400	30±1	85
	1.1~2.0	10~20	30±1	45	0.320~0.400	31±1	57
	2.1~5.0	10~20	35±1	47	0.280~0.400	33±1	100

Table 12. (Continued)

試料群 Group of specimens		年輪幅 (D) の範囲 Range of annual-ring breadth (D mm)	α_v/R がほぼ安定する p の範囲 Range of p at which α_v/R is nearly constant			α_v/R がほぼ安定する R の範囲 Range of R at which α_v/R is nearly constant		
			p の範囲 Range of p (%)	α_v/R の 範囲 Range of α_v/R	出現率 Frequency (%)	R の範囲 Range of R (g/cm ³)	α_v/R の 範囲 Range of α_v/R	出現率 Frequency (%)
心材 Heartwood		~1.0	5~20	27±1	60	0.320~0.400	25±1	79
		1.1~2.0	5~15	30±1	49	0.320~0.400	28±1	64
		2.1~5.0	5~25	31±1	91	0.280~0.400	31±1	92
		5.1~9.0	5~15	32±1	80	0.280~0.360	33±1	82
南斜面 立木群 Trees at southern slope	上層木群 Upper storey trees	~1.0	10~20	29±1	69	0.280~0.400	30±1	86
		1.1~2.0	10~25	31±1	51	0.280~0.400	32±1	91
		2.1~5.0	5~30	33±1	94	0.280~0.400	33±1	95
		5.1~9.0	5~15	32±1	76	0.320~0.360	34±1	72
	下層木群 Lower storey trees	~1.0	5~20	28±1	57	0.280~0.400	29±1	87
		1.1~2.0	10~25	27±1	64	0.280~0.400	27±1	94
		2.1~4.0	5~35	27±1	94	0.320~0.440	27±1	61
北斜面 立木群 Trees at northern slope	上層木群 Upper storey trees	~1.0	10~20	27±1	76	0.320~0.400	24±1	71
		1.1~2.0	5~20	30±1	85	0.280~0.400	30±1	68
		2.1~5.0	5~20	29±1	85	0.320~0.440	29±1	67
		5.1~7.0	5~10	32±1	64	0.280~0.320	33±1	72
	下層木群 Lower storey trees	~1.0	10~20	24±1	38	0.360~0.480	25±1	66
		1.1~2.0	5~25	23±1	64	0.280~0.360	23±1	67
		2.1~3.0	5~10	19±1	40	0.280~0.320	16±1	67
辺材 Sapwood	上層木群 Upper storey trees	~1.0	5~20	30±1	94	0.240~0.320	31±1	78
		1.1~2.0	10~20	31±1	45	0.320~0.400	32±1	53
		2.1~5.0	10~20	35±1	48	0.280~0.400	33±1	100
	下層木群 Lower storey trees	~1.0	10~30	29±1	81	0.320~0.400	30±1	77
		1.1~2.0	25~35	32±1	50	0.360~0.440	31±1	64
		2.1~3.0*	—	—	—	—	—	—
心材 Heart- wood	上層木群 Upper storey trees	~1.0	5~20	26±1	74	0.320~0.400	25±1	77
		1.1~2.0	5~15	31±1	60	0.280~0.400	30±1	91
		2.1~5.0	5~25	32±1	91	0.280~0.400	32±1	92
		5.1~9.0	5~15	32±1	80	0.280~0.360	33±1	82
	下層木群 Lower storey trees	~1.0	10~35	25±1	89	0.320~0.400	26±1	80
		1.1~2.0	5~25	25±1	71	0.280~0.440	25±1	97
		2.1~4.0	5~20	25±1	69	0.320~0.400	26±1	54
合計 Total		~1.0	10~25	27±1	71	0.320~0.400	27±1	73
		1.1~2.0	10~25	28±1	51	0.320~0.400	28±1	63
		2.1~5.0	5~25	31±1	90	0.280~0.400	31±1	92
		5.1~9.0	5~15	32±1	80	0.280~0.360	33±1	82

* 出現数少数のため抽出不能

Unable to abstract due to few measurements.

したがって、前報で考察したように³⁾、これらの固有的な $R-\alpha_v$ 関係に果たす p または R の役割のなかから、共通的な $R-\alpha_v$ 関係をあたえる p または R の範囲を、年輪幅区分にもとづいて抽出することによって、晩材率や容積密度数の変化をある程度無視できる安定的な $R-\alpha_v$ 関係をあたえる試料部分を求めることが可能となる。

いま、晩材率と α_v/R 値との関係における曲線の安定域をふくんで、平均 α_v/R 値がほぼ±1の幅にはいる晩材率の連続的範囲およびその α_v/R 値、ならびに、容積密度数と α_v/R 値との関係における同様な容積密度数の連続的範囲およびその α_v/R 値を、各試料群についてそれぞれの年輪幅区分べつに求めると、Table 12 のような値をあたえる。

これによれば、いずれの試料群においても、各年輪幅区分について、晩材率および容積密度数に関してそれぞれちがった α_v/R 値の安定域があり、かつ、その α_v/R 値もちがってあらわれることがほぼみとめられる。また、これらの安定域における α_v/R 値の大きさは、下層木試料群のものをのぞいて、年輪幅範囲が大きくなるにつれて増大する傾向がおおむねみとめられる。下層木試料群にあってはむしろその逆の傾向がつよいようである。しかし、これらに対応する晩材率あるいは容積密度数の大きさは、かならずしも一定の傾向にはあらわれていない。

ここで、各試料群べつの各年輪幅区分について、 α_v/R 値の安定域における大きさを晩材率と容積密度数とに関してくらべてみると、両者が一致している部分とくいちがっている部分とがみとめられる。それらのうちで、辺材試料群においてはいずれの年輪幅区分のものも一致しないが、心材試料群においては年輪幅区分によって一致する部分があられ、上層木試料では主として年輪幅 $D=2.1\sim 5.0$ mm の区分において、また、下層木試料では主として $D=1.1\sim 2.0$ mm の区分において一致した値をあたえている。辺材試料群にあっては $D=2$ mm 以下の年輪幅区分において、かなり近似的な値をしめす。

個々の試料群の別なく総体としてみれば、 $D=5$ mm 以下の各年輪幅区分では、安定域における α_v/R 値は晩材率と容積密度数とに関していずれも一致するが、その値は年輪幅が大きくなるにつれて増大し、年輪幅区分に固有の値をしめす。

したがって、個々の試料群を通じて、このような年輪幅、晩材率、容積密度数などについて異なった $R-\alpha_v$ 関係をあたえる条件のなかから、比較的に安定した関係をしめす出現率のより大きな部分を抽出すれば、上層木では年輪幅約 $2\sim 5$ mm 程度の範囲のもの、下層木では年輪幅約 $1\sim 2$ mm 程度の範囲のもの（いずれも晩材率約25%以下で容積密度数約 0.4 g/cm³ 以下のもの）を、容積収縮率に関するいわば標準的年輪幅とみなすことができるようにおもわれる（ただし、辺材試料にあっては安定的試料部分はあきらかではなく、比較的に標準的とおもわれる年輪幅は約 2 mm 以下の部分である）。

これらの年輪構成のものは、年輪幅、晩材率あるいは容積密度数などの変化にほとんどかわりなく、変動の幅はあるが $R-\alpha_v$ 関係がほぼ linear に安定する試料部分であり、ただ、あたえられる試料の生産条件によってその勾配が変化するとどまるものである。

この報告に用いた試料が採取されたトドマツ天然生林分における年輪幅の出現頻度は、測定総年輪数 41,465 個（圧縮あた材などの異常材をのぞく）について Table 13 のような比率であらわれている⁷⁾から、上述の標準的年輪幅範囲とみなされた部分は、上層木群においては最多頻出の年輪幅区分に該当するが、下層木群においてはそれと一致していない。したがって、上層木群におけるこの部分はその階層での出現年輪数の63%にもあたり、林分の全出現年輪数にたいしても約30%をしめて材積の生産量は最大値を

Table 13. トドマツ天然林木における年輪幅の出現率
Relative frequency of annual-ring breadth at a natural forest of Todo-fir.

年輪幅の範囲 Range of annual- ring breadth (mm)	供 試 木 の 階 層 Tree classes			
	上層木群 Upper storey trees	中層木群 Middle storey trees	下層木群 Lower storey trees	合 計 Total
~ 1.0	10 %	33 %	58 %	32 %
1.1 ~ 2.0	19	30	32 ²⁾	25
2.1 ~ 5.0	63 ¹⁾	36	10	39
5.1 ~	8	1	0	4
合 計 Total	100 (46)	100 (17)	100 (37)	100(100)

全測定年輪数 Total number of the measured annual-rings : 41,465.

全測定数にたいする比率 Percentage to total measurements : 1) 29%, 2) 12%.

第5報の Table 2 より再計算 Calculated from Table 2 in Report 5 (1953).

あたえるものであつて、その標準的年輪幅としての抽出の意味が十分みとめられるけれども、下層木群におけるそれはその階層での出現年輪数の32%にあたるのみで、林分の全出現年輪数にたいしてはわずか10%強でしかなく材積の生産量も小さいものであるから、その標準的年輪幅としての抽出の意味はとぼしいものとおもわれる。

まえの報告で材質の安定性をその年輪構成的側面から検討したが、その結果えられた材質の安定域は年輪幅約 2~5 mm 程度のものと結論されており⁷⁾、本報における以上の結果からみて、トドマツ天然林木にあっては、この年輪幅範囲のものを年輪構成的にも材質的にも安定的な標準領域とみなすことが妥当であろうと考える。

IV 要 約

天然生トドマツ材における容積収縮率 (α_v %) のあらわれかたについて、その年輪幅 (D mm)、晩材率 (p %) および容積密度数 (R g/cm³) との関連において検討を加えた。試料および測定方法の詳細は前報までに述べたところとおなじであるが、本報においてはそのうち上・下層木群の枝下正常材部分のみを用いて考察した。

測定結果の概要はつぎのとおりである。

(1) 年輪幅と α_v/R 値との関係は、総体的に、年輪幅の変化によって α_v/R 値もまた変化してあたえられ、 α_v/R 値が安定的にあらわれる年輪幅範囲と不規則的にあらわれる年輪幅範囲とがある (Fig. 1)。この関係は、しかも、上・下層木群、供試木の生立斜面あるいは辺・心材などの試料成立条件の二、三の例によっても、あきらかな差異をもって出現する (Figs. 2~4, Tables 2, 3)。

(2) 晩材率と α_v/R 値との関係もまた、晩材率の変化によって α_v/R 値が変化してあたえられ、そのなかで α_v/R 値の安定的部分と不規則的部分とがある (Fig. 5)。この関係も前項同様、試料の成立条件によってあきらかな差異をもってあらわれる (Figs. 6~8, Tables 4, 5)。

(3) 容積密度数と α_v/R 値との関係は、容積密度数の増加にともなう、 α_v/R 値がほぼ安定的→低減→安定的の変化傾向をしめす (Fig. 9)。この関係は試料の成立条件によってもまた同様に、そのあらわれかたにかなり特徴的な変化をしめす (Figs. 10~12, Tables 6, 7)。

(4) これらの結果にもとづいて、年輪幅と晩材率とによる α_v/R 値の分布 (Fig. 13) や年輪幅と容積密度数とによる α_v/R 値の分布 (Fig. 14), あるいは年輪幅の変化に対応する晩材率, 容積収縮率, 容積密度数および α_v/R 値の変化 (Fig. 15) などを検討し, 年輪幅 2 mm 前後および 5 mm 前後を境として, 質的に異なる特性的年輪幅範囲があるものとの想定をえた。

(5) さらに, 各年輪幅区分に対応する晩材率と α_v/R 値との関係を求め, それらが, それぞれ固有的にあたえられ, かつ, その α_v/R 値が安定的にあらわれる晩材率の範囲は, かなり限定された領域にとどまることをみとめた (Fig. 16)。この関係もまた, 試料の成立条件に応じて差異をもってしめされる (Figs. 17~19, Tables 8, 9)。

(6) また年輪幅区分に対応する容積密度数と α_v/R 値との関係についても, 同様に, それぞれに固有的にあたえられ, かつ, その α_v/R 値が安定的にあらわれる容積密度数範囲も限定された領域にしめされることをみとめた (Fig. 20)。この関係もまた, 試料の成立条件に応じて差異をもってあらわれる (Figs. 21~23, Tables 10, 11)。

(7) これらの傾向のなかで, 各年輪幅区分における晩材率と容積密度数とに関する α_v/R 値の安定域の値は, ズレてあたえられる部分と一致してあたえられる部分とがある。したがって, 以上の観察結果からすれば, トドマツ材の容積収縮率のあらわれかたに関しては, その容積密度数自体の大きさとともに年輪幅や晩材率のような年輪構成的要素をも考慮にいれないと, その正しい認識をさまたげることになると考えられた。

(8) したがって, 種々の試料群を通じて, このような年輪幅, 晩材率, 容積密度数などについて異なる $R-\alpha_v$ 関係をしめす条件のなかから, 比較的に出現率が大きく安定的でかつ共通的な $R-\alpha_v$ 関係をあたえる年輪構成要素を抽出すれば, ほぼ 2~5 mm 程度の年輪幅範囲のもの (晩材率約25%以下で容積密度数約 0.4 g/cm³ 以下のもの) となり, これは年輪幅, 晩材率, 容積密度数などの変動をある程度無視できる容積収縮率のあらわれかたに関して, ほぼ安定的な性質を保つ試料部分であるとみなされる (Table 12)。これらの年輪幅範囲のものは, これまでの一連の研究のなかで年輪構成的側面から検討されたトドマツ材質の安定的領域と一致するものである。

文 献

- 1) 燕木自輔: 木材材質の森林生物学的研究 (第6報), 北海道厚田産トドマツ材の偏心生長と立地の傾斜, 林業試験場研究報告, 61, pp. 41~56, (1953)
- 2) 燕木自輔: 木材材質の森林生物学的研究 (第12報), 北海道野幌地方における造林木の生材含水量について, 林業試験場研究報告, 90, pp. 77~108, (1956)
- 3) 燕木自輔: 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, 林業試験場研究報告, 90, pp. 109~144, (1956)
- 4) 燕木自輔: 木材材質の森林生物学的研究 (第15報), トドマツ材における容積収縮率のあらわれかた——みかけの大きさとその容積密度数との関係, 林業試験場研究報告, 144, pp. 53~96, (1962)
- 5) 燕木自輔: 木材材質の森林生物学的研究 (第16報), 年輪構成と容積収縮率との関係についての若干の考察, 林業試験場研究報告, 144, pp. 97~111, (1962)
- 6) 加納 孟: 木材材質の森林生物学的研究 (第3報), 野幌産トドマツ材の年輪幅, 秋材率, 容積密度数の偏異について, 林業試験場研究報告, 52, pp. 23~51, (1952)
- 7) 加納 孟: 木材材質の森林生物学的研究 (第5報), 北海道厚田産トドマツ材の年輪幅と秋材率, 林業試験場研究報告, 61, pp. 1~40, (1953)

- 8) 加納 孟: 木材材質の森林生物学的研究 (第8報), 北海道厚田地方トドマツ林における「アテ」の出現, 林業試験場研究報告, 71, pp. 1~14, (1954).
- 9) 加納 孟: 木材材質の森林生物学的研究 (第9報), 北海道厚田産トドマツ材の年輪の構造について, 林業試験場研究報告, 71, pp. 15~28, (1954)
- 10) 加納 孟: 木材材質の森林生物学的研究 (第10報), 北海道厚田地方トドマツ原生林における林木の幹のかたちと辺心材および樹皮の量, 林業試験場研究報告, 71, pp. 29~38, (1954)
- 11) 加納 孟: 木材材質の森林生物学的研究 (第14報), トドマツ材の容積密度数の大きさと幹のなかの分布, 林業試験場研究報告, 101, pp. 1~99, (1957)
- 12) YLINEN, A.: Über den Einfluss des Spätholzanteils und Jahrringbreite auf die Rohwichte beim Finischen Kiefernholz. Holz als Roh- und Werkstoff, 9, 12, p. 449, (1951)

Forest-biological Studies on Wood Quality (Report 17).

On the volumetric shrinkage of Todo-fir—

its relationship to the annual-ring breadth or the late wood percentage.

Zisuke KABURAGI

(Résumé)

In this paper we described the results of the observations on the volumetric shrinkage of wood in relation to the annual-ring breadth, the late wood percentage or the bulk-density. Sample specimens were taken from Todo-fir (*Abies mayriana* MIYABE et KUDÔ) grown in a natural forest.

The detailed description of test pieces and their measurements were the same as described in the former reports.*

The results of this study are as follows:

(1) The relation between the annual-ring breadth and the value of α_v/R (the ratio of the volumetric shrinkage α_v % to the bulk-density R g/cm³) showed in general that a change of the annual-ring breadth brought about a change of the value of α_v/R , in which appeared the range of annual-ring breadth having almost constant values of α_v/R and having irregular values of α_v/R (Fig. 1). This tendency was additionally presented with different grade and range at each condition of specimens, namely, as the tree storeys, the forest stands (direction of slope) and the sap- or heartwood etc. (Figs. 2 to 4, Tables 2 and 3).

(2) The relation between the late wood percentage and the value of α_v/R (Figs. 5 to 8, Tables 4 and 5), or the relation between the bulk-density and the value of α_v/R (Figs. 9 to 12, Tables 6 and 7) showed also tendencies like those above mentioned.

(3) Upon these results, judging from the observations on the distribution of the value of α_v/R according to the combination of the annual-ring breadth and the late wood percentage (Fig. 13) or the bulk-density (Fig. 14), and on the variation of the late wood percentage, the volumetric shrinkage, the bulk-density or the value of α_v/R according to the breadth of

* Forest-biological studies on wood quality, Report 5, 6, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15. Bulletin of the Government Forest Experiment Station, No. 61 (1953), 71 (1954), 90 (1956), 101 (1957) and 144 (1962).

annual-ring (Fig. 15), the characteristic range of annual-ring breadth related with volumetric shrinkage was noticed at about 2 and 5 mm as the boundary breadth.

(4) And, the relationships of the late wood percentage ($p\%$) or the bulk-density (R g/cm³) to the value of α_v/R at each class of annual-ring breadth showed that they had individual $p-\alpha_v/R$ curve or $R-\alpha_v/R$ curve respectively, in which the range of late wood percentage or bulk-density having a stable value of α_v/R was a very restricted region (Figs. 16 and 20). It can be said, therefore, that the value of α_v/R is not always similar when the annual-ring breadth or the late wood percentage is different, even if the bulk-density is the same value. And this trend was moreover presented with different grade and range at each group of specimens cut from various conditions of testing materials (Figs. 17 to 19, 21 to 23, Tables 8 to 11).

(5) It was found in these tendencies that there was a dissimilar part and a coincident part of the stable region of α_v/R values as for the late wood percentage and the bulk-density at the classification of annual-ring breadth (Table 12). Hence, it may be said that as to the appearance of the volumetric shrinkage of Todo-fir wood, we must reflect upon the visual characteristics of the annual-ring constitution such as the annual-ring breadth or the late wood percentage, simultaneously upon the bulk-density. This point of view has been confirmed in the former study on Kurile and Japanese larch. Then the standard breadth of annual-ring giving an almost stable range of α_v/R value through the relations to the annual-ring breadth, the late wood percentage and the bulk-density was considered to be the range from about 2 mm to about 5 mm on Todo-fir wood.