

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

蕪 木 自 輔⁽¹⁾

まえの報告³⁾⁴⁾で、木材の容積収縮率のあらわれかたについて、みかけの大きさおよびその容積密度数との関連における変動を、樹種や供試木の外観の大きさ、その生立斜面、地上高、辺・心材、樹心からの階層、幹の方位あるいは圧縮材等の試料成立に関するいくつかの諸条件にもとづいて現象的に記載したが、そこでは、より一般的な視点としての木材の年輪構成と収縮量の変化との関連という点での解析には、全くふれえなかつた。それで、この報告では、年輪構成因子としての年輪幅と晩材率*の2要素をとりあげ、第13報に記載した試料のなかから、グイマツとシンシユウカラマツとを用いて、その容積収縮量の変化との関連について、とりあえず若干の検討を加えた結果を述べることにした。

この報告の目的は、年輪幅や晩材率のような可視的年輪構成因子の絶対値が、木材の容積収縮量を規制する指標として、その容積密度数と同時的、かつ独立的にとりあげられうるものであるかどうかという点について、概括的な考察を試みることにある。したがって、ここでえられた結果は、さらに林木の成長過程と一次的にむすびつけて、その一般性をたしかめなければならないものではあるが、その意味での解析のためには、この試料は測定数もすくなく、サンプリングも適当とはおもわれないので、その点に関しては別に検討を加えることとし、この報告においては、ただ年輪幅・晩材率による容積収縮率のあらわれかたの変化についてのみ、簡単に記載するにとどめた。

なお、この研究の実施にさいして、ご便宜をあたえられた坂口勝美場長・斎藤美鷺前場長・小倉武夫木材部長に謝意を表するとともに、ご協力と助言とをいただいた材質第2研究室の方々に深く感謝する。

試料と測定方法

この報告で用いた試料は、第13報³⁾で報告した8樹種の造林木（北海道野幌産）のうち、グイマツとシンシユウカラマツの優勢木と劣勢木各2本からの供試片のみである。この *Larix* 系の樹種は年輪内における早・晩材の移行が比較的に明りようとしていられるので、晩材率を指標とする解析にはより適当であろうと考えられたからである。その供試木の概要は Table 1 にしめすとおりであるが、林歴や林木の成長経過などをふくめて、詳細は第11報⁸⁾を参照されたい。

また、供試片の木取りかたは第12報²⁾に、その年輪幅や晩材率の測定方法は第5報⁵⁾に、容積密度数や容積収縮率の測定方法は第13報³⁾にそれぞれ記載したところと全くおなじであるので、ここには改めて記載しない。用いた試片数を辺・心材、優・劣勢木べつにしめせば、Table 2 のとおりである。

* この究研で従来用いてきた“春材 (spring wood)”, “秋材 (summer wood)” という言葉を, 「I.A.W.A. 木材解剖用語の訳語決定案 (日本木材学会・組織と材質の研究会, 1962, 4)」にしたがつて, “早材 (early wood)”, “晩材 (late wood)” という言葉に改める。

(1) 木材部材料科物理研究室長・農学博士

Table 1. 供 試 木
Sample trees.

樹 種 Tree species	供試木番号 Sample tree No.	樹 齢 Tree age	樹 高 Height (m)	胸高直径 B.H.D. (cm)	皮ナシ材積 Volume without bark (m ³)	備 考 Remarks
グ イ マ ツ (Kurile larch) <i>Larix Gmelini</i> LEDES	Ga 9	38	19.9	32.0	0.6371	優 勢 木 Dominant tree
	Ga 33	38	14.4	14.2	0.0915	劣 勢 木 Inferior tree
シンシユウカラマツ (Japanese larch) <i>Larix leptolepis</i> GORDON	Gf 102	42	22.4	27.5	0.5610	優 勢 木 Dominant tree
	Gf 103	41	19.0	20.3	0.2366	劣 勢 木 Inferior tree

Table 2. 供 試 片 数
Number of sample specimens.

供 試 木 番 号 Sample tree No.	辺 材 Sapwood	心 材 Heartwood	合 計 Total
Ga 9 Ga 33	63 } 33 } 96	117 } 80 } 197	180 } 113 } 293
Gf 102 Gf 103	74 } 54 } 128	163 } 109 } 272	237 } 163 } 400
合 計 Total	224	469	693

測定結果と考察

容積密度数と容積収縮率との関係

各供試木の樹幹内における容積収縮率 ($\alpha_v\%$) と容積密度数 ($R \text{ g/cm}^3$) との比 α_v/R 値の分布状態を求めると、Fig. 1 (グイマツ) および Fig. 2 (シンシユウカラマツ) のようになる。これは同一横断面・同一齢階の4方向の測定値の平均 α_v/R 値を、半径成長量の4方向平均値によって描かれた樹幹図上にのせてつくったものである。容積密度数と容積収縮率とが一次的な関係にあるとすれば¹²⁾¹⁵⁾、この α_v/R 値の樹幹内分布図は一樣な grade で描かれなければならないのであるが、図にみられるように、 α_v/R 値は、樹幹内できわめて著しく変動しつつ分布しているものであることがあきらかである。

これらの容積密度数と容積収縮率との関係を、全測定値の級間隔ごとと平均値によって図示すると、Fig. 3 のようになる。これによれば、この $R-\alpha_v$ 関係は、かならずしも全測定範囲にわたって直線的系列が保たれるとはかぎらない。前報でもみとめられたように、この関係は、また、樹・材種によっても異なった系列をあたえるものである。個々の測定値は、このような全体的系列のなかで相当な分散域をもっており、したがって、部分的な試料群のえらばれかたによっては、これらの系列の勾配はプラスにもマイナスにもなりうるものである。

それゆえに、一般的にいえることは、同一の大きさの容積密度数にたいして、同一の大きさの容積収縮率が、かならずしも常にあたえられるとはかぎらないということである。いいかえれば、容積収縮率と容積密度数との比 α_v/R の値は、樹・材種および容積密度数自体の大きさによつて変動するものであり、それが比較的に安定的にあらわれる試料部分と、不規則的にあらわれる試料部分とがみとめられるというこ

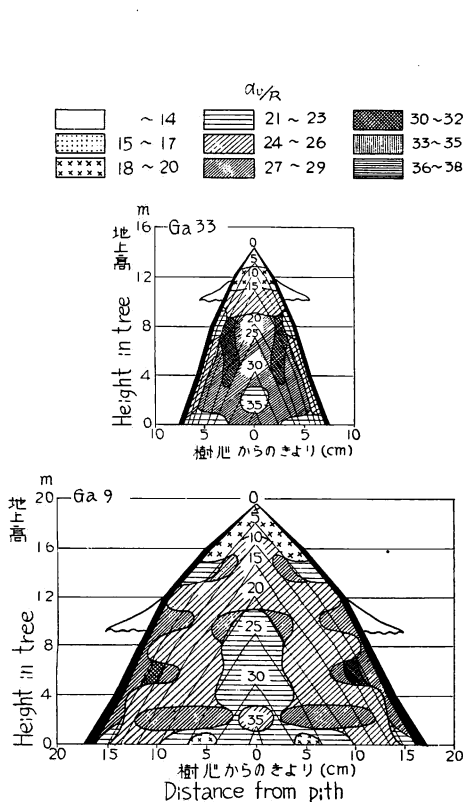


Fig. 1 ギイマツ樹幹内における容積収縮率と容積密度数との比 α_v/R 値の分布

Distribution of α_v/R (ratio of volumetric shrinkage to bulk-density) in the stem of Kurile larch.

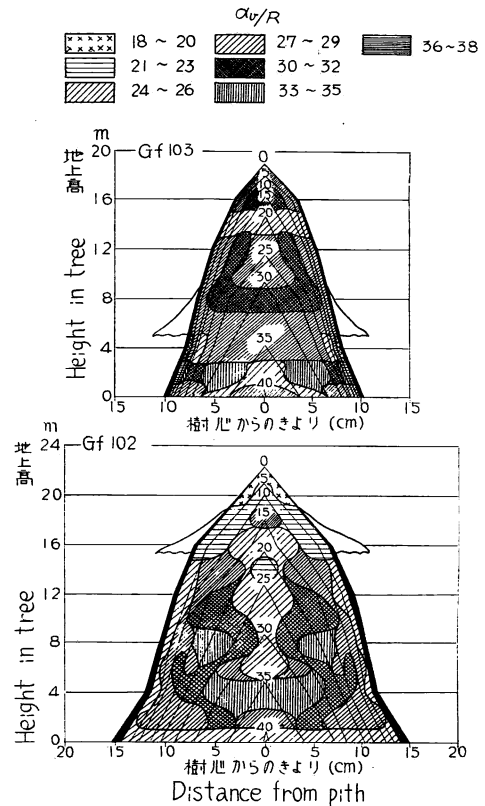


Fig. 2 シンシウカラマツ樹幹内における容積収縮率と容積密度数との比 α_v/R 値の分布

Distribution of α_v/R (ratio of volumetric shrinkage to bulk-density) in the stem of Japanese larch.

とである。このことについては、前報⁴⁾に比較的くわしく記載したところである。

これらのことから、容積収縮率の大きさを規制する指標的因子として、容積密度数のみをもつて基本的要素とみなすことが、不十分なものであることを意味している。

したがって、他により十分な指標を求めるとすれば、木材の収縮性能の機構¹⁾¹⁰⁾¹¹⁾¹³⁾から考えて、木材の年輪構造そのものを考慮にいれなければならないが、この年輪構造はまた、同時に容積密度数を規制する因

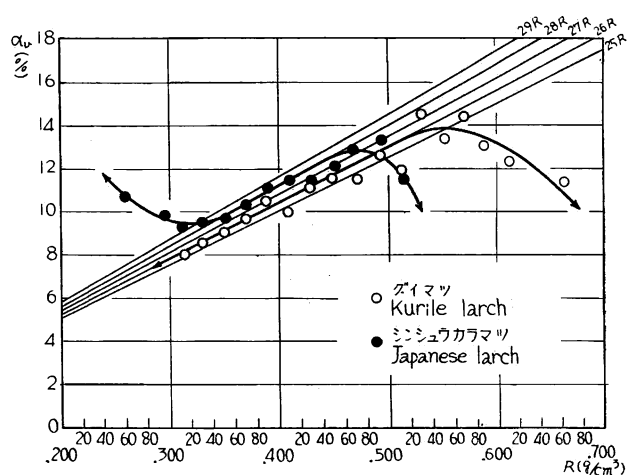


Fig. 3 ギイマツおよびシンシウカラマツにおける容積収縮率 (α_v) と容積密度数 (R) との関係
Relation of volumetric shrinkage (α_v) to bulk-density (R) of Kurile and Japanese larch.

子でもある⁹⁾¹³⁾¹⁴⁾¹⁵⁾。それゆえに、容積密度数と、年輪構造——その量的・質的指標である年輪幅と晩材率⁷⁾とが、収縮量を規制する同時的・独立的指標として検討されなければならないことになる。

年輪幅における特性的範囲

年輪幅 (D): 1 mm の級間隔ごとに、晩材率 ($p\%$)、容積収縮率 (α_v)、容積密度数 (R) および α_v/R 値の各平均値を求めて、年輪幅に対応するこれらの因子の変化を概観すると、Fig. 4 (グイマツ) および Fig. 5 (シンシユウカラマツ) のようになる。

これらによれば、年輪幅の増加にともなう晩材率の変化は、すでによくたしかめられているように⁸⁾、全体的には、年輪幅が大きくなるにつれて小さい晩材率のものが多くあらわれ、年輪幅がある大きさよりも大きくなると、あらわれやすい晩材率の大きさはほとんど一定になる。したがって、晩材率の減少のしかたは、年輪幅の増加方向に関してははじめが急で、しだいに緩となる傾向があり、晩材率があまり変化しなくなる年輪幅の大きさは、グイマツのほうがシンシユウカラマツよりもやや小さい。

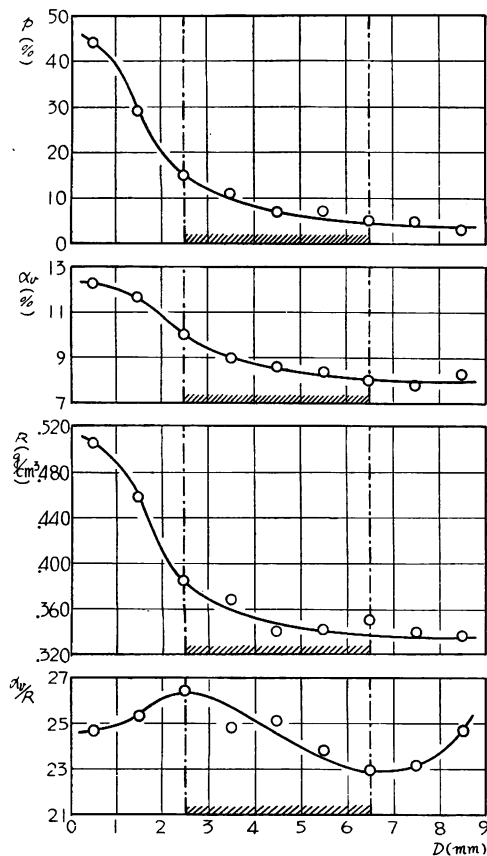


Fig. 4 グイマツにおける年輪幅 (D) と晩材率 (p)、容積収縮率 (α_v)、容積密度数 (R) および α_v/R 値との関係

Relation of late-wood percentage (p), volumetric shrinkage (α_v), bulk-density (R) and α_v/R to annual-ring breadth (D) of Kurile larch.

年輪幅にたいする容積収縮率の変化をみると、両樹種とも年輪幅の増加につれて容積収縮率の減

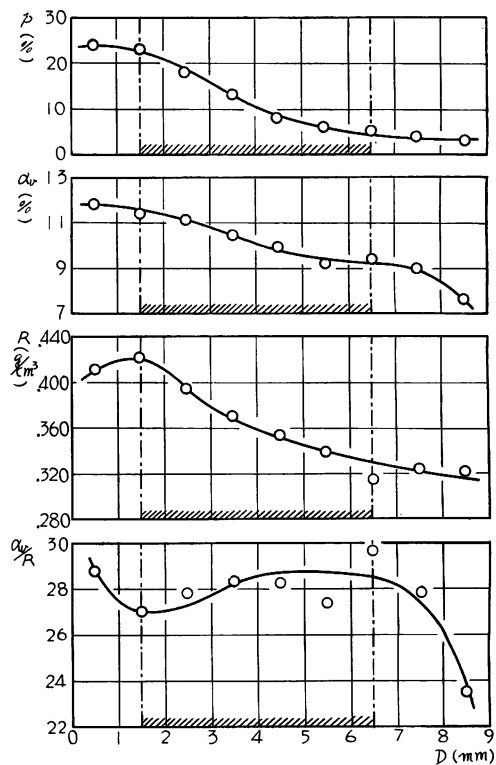


Fig. 5 シンシユウカラマツにおける年輪幅 (D) と晩材率 (p)、容積収縮率 (α_v)、容積密度数 (R) および α_v/R 値との関係

Relation of late-wood percentage (p), volumetric shrinkage (α_v), bulk-density (R) and α_v/R to annual-ring breadth (D) of Japanese larch.

少をしめしており、この減少のしかたは、グイマツでははじめやや急で漸次緩となつてゆくが、シンシユウカラマツではほとんど直線的に減少している。さらに容積密度数の変化は、年輪幅の増加にたいして減少方向をしめすが、シンシユウカラマツでは年輪幅 2 mm 以下の部分で増加方向がみとめられる (グイマツでもこの傾向は $D: 0.5\text{ mm}$ 級間隔にプロットする場合には同様にみとめられる⁸⁾)。減少の速度ははじめ急でしだいに緩となり、ついでほぼ一定となるが、容積密度数が安定的となる年輪幅は、グイマツのほうがシンシユウカラマツよりもかなり小さい値である。

それで、 α_v/R 値の年輪幅の増加にたいする変化をみると、シンシユウカラマツでは横 S 字型をあたえて、減少——増加——減少の経過をたどり、グイマツではちょうどその逆の形で、増加——減少——増加の経過をたどっていることがみとめられる。

したがつて、年輪幅の大きさにたいする晩材率の変化と、容積密度数の変化とは、シンシユウカラマツの小さい年輪幅の部分のをぞいて、ほぼ対応的にみえるが、年輪幅の大きさにたいする容積収縮率の変化と、容積密度数の変化とは、年輪幅の小さい部分と大きい部分とでそれぞれ対応性を欠くようにみとめられるから、これらの諸関係をしめす曲線は、これを 2~3 の部分にわけて考えることが、その質的なちがいを区別する意味で妥当であろうとおもわれる。このような年輪幅区分の臨界域は、この場合、グイマツでは $2 \sim 3\text{ mm}$ 付近と $6 \sim 7\text{ mm}$ 付近にあり、シンシユウカラマツでは $1 \sim 2\text{ mm}$ 付近と $6 \sim 7\text{ mm}$ 付近におくことができるようである。

このような特徴的な年輪幅の範囲は、他の樹種についても、それぞれの特性として存在するものと考えられるから⁵⁾⁶⁾、次項で述べる年輪幅と晩材率とによる等収縮率曲線を考慮にいれば、木材収縮率の変化系列をさらに体系づけて検討するのに役だつてであろうとおもわれる。

年輪幅と晩材率とによる等収縮率曲線

上記のような変化をしめす年輪幅と晩材率とに関して、等容積収縮率曲線を求めてみると、おおむね **Fig. 6** (グイマツ) および **Fig. 7** (シンシユウカラマツ) にしめされるとおりである。これらによれば、大体において、年輪幅のせまいところの晩材率のたかい部分と、年輪幅のよりひろいところの晩材率のよりひくい部分とが、ほぼ等しい容積収縮率範囲をしめすような、幅をもつた belt 状の curve をあたえており、これに、小さい容積収縮率範囲のものについて、ひろい年輪幅の部分でそれと逆の傾向が重複加味されてあらわれている。この図は、 $D: 1\text{ mm}$, $p: 5\%$ の級間隔の平均容積収縮率が 2% 級間隔でプロットされているが、この等容積収縮率の belt は若干のかさなりをもつて、容積収縮率の増加とともに上方 (p の大きいほう) に移行し、晩材率が非常に大きくなると、むしろよりひくい容積収縮率範囲の belt があらわれてくることがみとめられる。

したがつて、等しい晩材率であつても、年輪幅の大きさがちがうと異なつた大きさの容積収縮率をあてうることになり、等しい容積収縮率の大きさがほぼ対応しうるとおもわれる年輪幅の範囲は、前項でみとめられた特性的な年輪幅区分のあいだにおよそみとめられ、これより小さな年輪幅またはより大きな年輪幅のところでは、晩材率が比較的大きくなつても、容積収縮率は相対的には大きくならないという現象がうまれることになる。

晩材率の大きさが、容積密度数の大きさにたいして、かなり決定的な役割をもつているとすると¹⁴⁾¹⁵⁾、容積収縮率の大きさの変動は、晩材率や年輪幅の大きさそのものを考慮にいれずに、容積密度数との一義的な関係だけでは説明できないことが、これからあきらかである。容積密度数と容積収縮率との関係にお

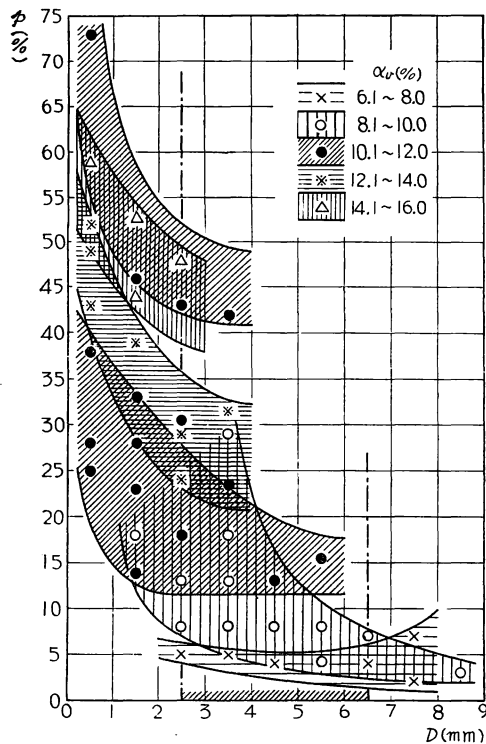


Fig. 6 グイマツにおける年輪幅 (D) と晩材率 (p) とによる等収縮率曲線
Iso-shrinkage curves on annual-ring breadth (D) and late-wood percentage (p) of Kurile larch.

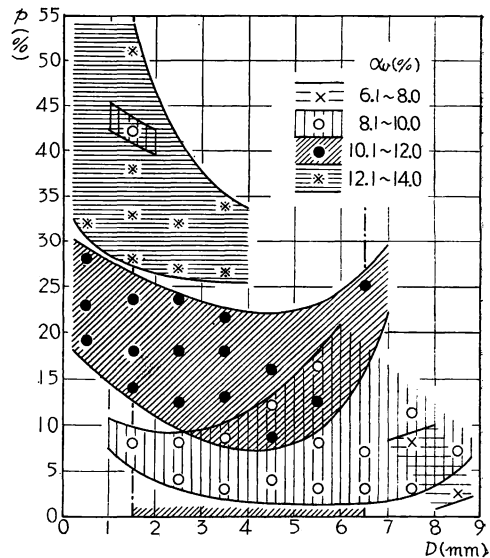


Fig. 7 シンシウカラマツにおける年輪幅 (D) と晩材率 (p) とによる等収縮率曲線
Iso-shrinkage curves on annual-ring breadth (D) and late-wood percentage (p) of Japanese larch.

の組みあわせによつてきめられる個々の容積密度数の変化と、一次的な関係にないことを意味しており、晩材率・年輪幅の絶対値そのものが、容積収縮率の変化系列にある役割を果たしているものと考えなければならない。

年輪幅区分における晩材率と容積密度数または容積収縮率との関係

年輪幅や晩材率の大きさが、容積密度数あるいは容積収縮率とどのような関係にあるかを概観するために、まず、年輪幅の区分にしたがつて、晩材率と容積密度数との関係を比較すると、Fig. 8 (グイマツ) および Fig. 9 (シンシウカラマツ) のようになる。年輪幅の区分は前項の結果から、グイマツの場合、 $D \sim 2.0 \text{ mm}$, $2.1 \sim 3.0 \text{ mm}$, $3.1 \sim 6.0 \text{ mm}$ および $6.1 \sim 9.0 \text{ mm}$ とし、シンシウカラマツの場合、 $D \sim 1.0 \text{ mm}$, $1.1 \sim 2.0 \text{ mm}$, $2.1 \sim 6.0 \text{ mm}$ および $6.1 \sim 9.0 \text{ mm}$ として、それぞれ $p: 5\%$ の級間隔ごとの平均値でしめしてある。

年輪幅の区分なしに晩材率と容積密度数との関係を概観すれば、容積密度数は晩材率の増加にともなつて増加するが、全体としては両樹種ともきわめて緩な S 字型の変化をあたえる。これを各年輪幅区分ごとにみれば、 $D = 6.1 \sim 9.0 \text{ mm}$ のものをのぞいて、やはり同様にそれぞれ S 字型の変化傾向を保つことがよくとめられる。各年輪幅区分にしたがつてあたえられるそれぞれに固有の $p-R$ 曲線は、かならずしも一致せず、これらが比較的によく一致している範囲は、グイマツで $p \approx 5 \sim 20\%$ 、シンシウカラマツで $p \approx$

いて、まえにみとめられたような直線的配列からはずれる部分の存在や、 α_v/R 値の不斉一の現象などは、このような晩材率と年輪幅との組みあわせにたいする容積収縮率の変化が、晩材率と年輪幅と

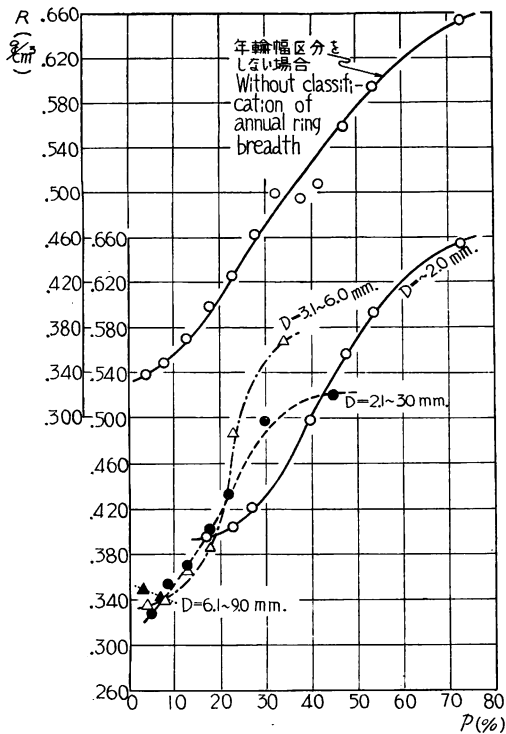


Fig. 8 グイマツにおける晩材率 (p) と容積密度数 (R) との関係の年輪幅区分 (D) によるちがい

Difference of the relations between late-wood percentage (p) and bulk-density (R) at each annual-ring breadth (D) of Kurile larch.

向をしめしており、晩材率の小さい範囲と大きい範囲とは、年輪幅による容積密度数の変動をより著しくあらわしている。

つぎにまた、年輪幅の区分にしたがつて、晩材率と容積収縮率との関係を $p: 5\%$ の級間隔ごとの平均値で比較すると、Fig. 10 (グイマツ) および Fig. 11 (シンシユウカラマツ) にしめすとおりである。

年輪幅の大きさの区別なく晩材率と容積収縮率との関係をみれば、グイマツもシンシユウカラマツもともに、晩材率の増加にたいして容積収縮率は増加し、ある大きさの晩材率に達すると急激に減少する傾向がみとめられるが、この晩材率の増加にたいする容積収縮率の上昇経過は、ほぼ直線的にみなされる。

しかし、これを各年輪幅の区分によつてくらべると、 $D=6.1\sim9.0\text{mm}$ のものをのぞいて、どの年輪幅区分についても、晩材率の増加にともなつて容積収縮率も増加するが、ある晩材率の大きさをこえると、いずれも、それぞれその増加のわりあいを減少する傾向がみとめられる。すなわち、各年輪幅はそれぞれ固有の $p-\alpha_v$ 曲線をもち、容積収縮率の増加方向にたいしてそれぞれ限界となる晩材率の大きさがあり、この限界晩材率は年輪幅が小さくなるにつれて大きくなる傾向があるようにおもわれる。

したがつて、各年輪幅区分によつてあたえられる $p-\alpha_v$ 曲線は、かならずしも一致せず、これらが比較的によく一致している範囲はほとんど $p-R$ 曲線の場合と同様にみなされる。それゆえに、この晩材率

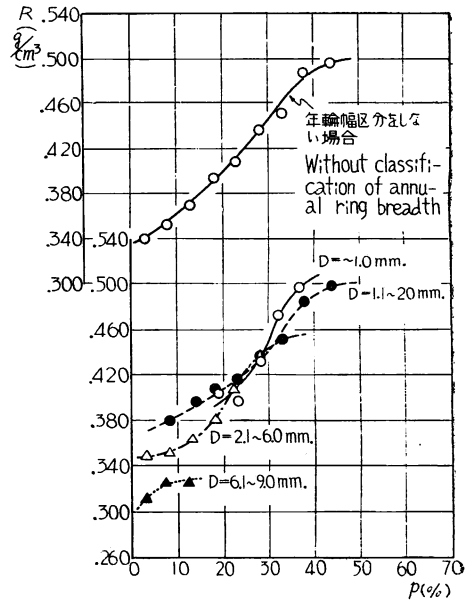


Fig. 9 シンシユウカラマツにおける晩材率 (p) と容積密度数 (R) との関係の年輪幅区分 (D) によるちがい

Difference of the relations between late-wood percentage (p) and bulk-density (R) at each annual-ring breadth (D) of Japanese larch.

15~40%あたりであつて、その他の晩材率の範囲においては、同一の晩材率でも年輪幅が異なると、ちがう大きさの容積密度数をあたえる傾

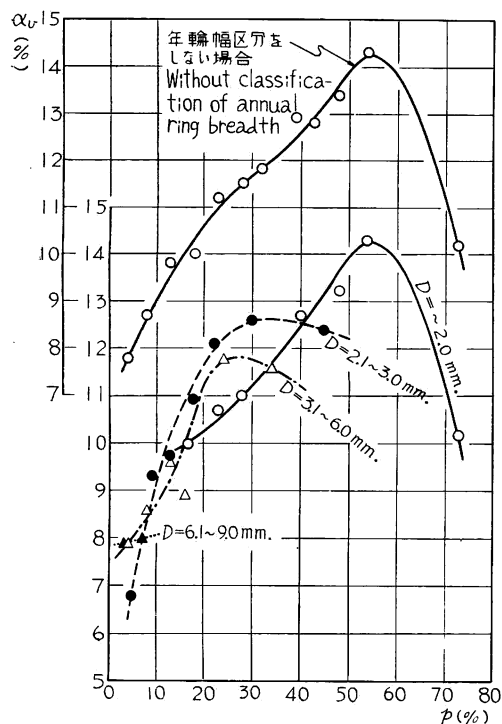


Fig. 10 グイマツにおける晩材率 (p) と容積収縮率 (α_v) との関係の年輪幅区分 (D) によるちがい

Difference of the relations between late-wood percentage (p) and volumetric shrinkage (α_v) at each annual-ring breadth (D) of Kurile larch.

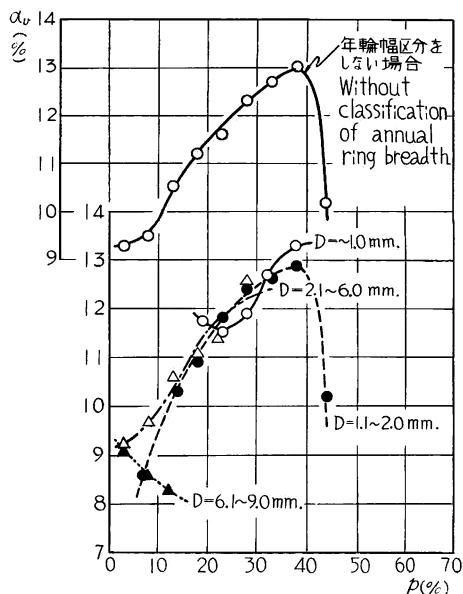


Fig. 11 シンシウカラマツにおける晩材率 (p) と容積収縮率 (α_v) との関係の年輪幅区分 (D) によるちがい

Difference of the relations between late-wood percentage (p) and volumetric shrinkage (α_v) at each annual-ring breadth (D) of Japanese larch.

範囲においては年輪幅とは、比較的無関係に、容積収縮率と容積密度数とがかなりの程度で

clear な関係にありうることになる。

年輪幅区分における晩材率または容積密度数と α_v/R 値との関係

前項でみた晩材率と容積密度数および容積収縮率との関係の組みあわせは、晩材率と α_v/R 値との関係をあたえる。すなわち、年輪幅の区分について、晩材率と α_v/R 値との関係を求めると Fig. 12 (グイマツ) および Fig. 13 (シンシウカラマツ) のようになる。

晩材率と α_v/R 値との関係を全体的にみると、両樹種ともに、晩材率の増加にともなつて α_v/R 値ははじめ増加し、ついで緩なる減少の方向をたどり、ある晩材率の大きさに達すると急激に低下する傾向をしめす。 α_v/R 値がほぼ一定のようにみえる晩材率の範囲は、両樹種とも $p=10\sim30\%$ ぐらいのあいだのみである。したがつて、晩材率の小さいところと晩材率の大きいところ（いいかえれば、小さい晩材率のあらわれやすい大きい年輪幅と、大きい晩材率のあらわれやすい小さい年輪幅のところ）とは、そのあいだの晩材率の範囲（対応する年輪幅の範囲）にくらべて、 $R-\alpha_v$ 関係がちがつた系列をしめすことになる。これらを連続的にみれば、 $R-\alpha_v$ 関係は晩材率の変化にしたがつて、連続的に系列が変化することになる。

このような概括的な変化系列を、年輪幅の区分にしたがつてくれば、 $D=6.1\sim9.0mm$ のものをの

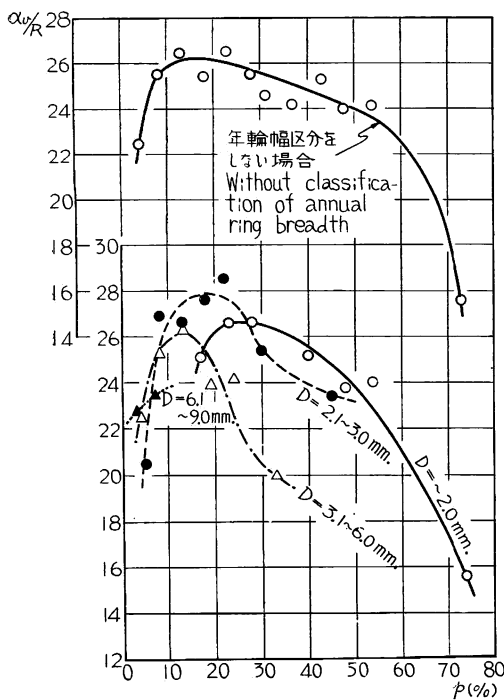


Fig. 12 グイマツにおける晩材率 (p) と α_v/R 値との関係の年輪幅区分 (D) によるちがい
Difference of the relations between late-wood percentage (p) and α_v/R at each annual-ring breadth (D) of Kurile larch.

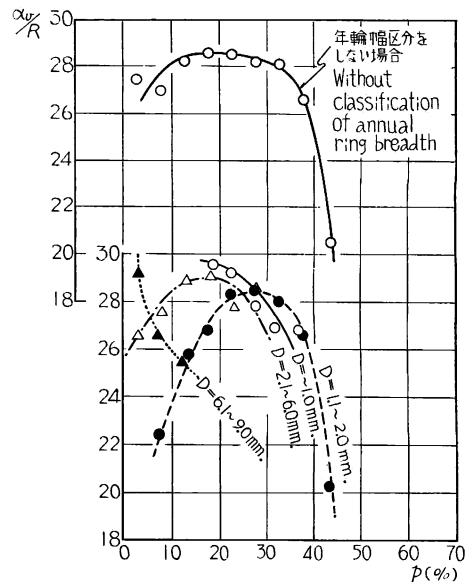


Fig. 13 シンシユウカラマツにおける晩材率 (p) と α_v/R 値との関係の年輪幅区分 (D) によるちがい

Difference of the relations between late-wood percentage (p) and α_v/R at each annual-ring breadth (D) of Japanese larch.

ぞいて、それぞれの年輪幅区分における $R-\alpha_v$ 関係は、あきらかに、晩材率の増加にともなつて容積密度数の大ききのわりに容積収縮率の大ききが増加し、ある大ききの晩材率でピークをしめし、そのごは減少してゆくという放物線的傾向を固有的にあたえていることがみとめられる。

したがつて、ここで注意されることは、 α_v/R 値は晩材率と年輪幅との組みあわせによつて異なつた大ききをしめすこと、および、ごく抽象化された概念でいえば、同一の年輪幅では同一の α_v/R 値に対応する異なる晩材率の値は、最大 1 対しかありえないことになるということである。晩材率が異なるということは原則として容積密度数が異なるということであるから¹⁵⁾ (Fig. 8, 9), 容積密度数がちがえば、同一の年輪幅では 1 対の容積密度数をのぞいてすべて α_v/R 値がちがつてあたえられることにもなり、 α_v/R 値を一定にする ($R-\alpha_v$ 関係が linear になる) ためには、各年輪幅についてこれらの対をなす晩材率のものをひろい集めなければ、成り立たないことになるわけである。

そこで、容積密度数と α_v/R 値との関係を同様に求めると、Fig. 14 (グイマツ) および Fig. 15 (シンシユウカラマツ) のようになり、年輪幅の区分なくみれば、グイマツでは、容積密度数の増加につれて、はじめは α_v/R 値が 25~27 ぐらいのところにはほぼ安定しているが、容積密度数がある大ききをこえと、 α_v/R 値は漸次減少しており、これにたいして、シンシユウカラマツでは、容積密度数の増加につれて、はじめ α_v/R 値が急激に低下し、容積密度数のある大ききから α_v/R 値は 27~29 ぐらいのところにはほぼ安定し、ついでまた容積密度数のある大ききをこえと、ふたたび α_v/R 値の減少をみる傾向を

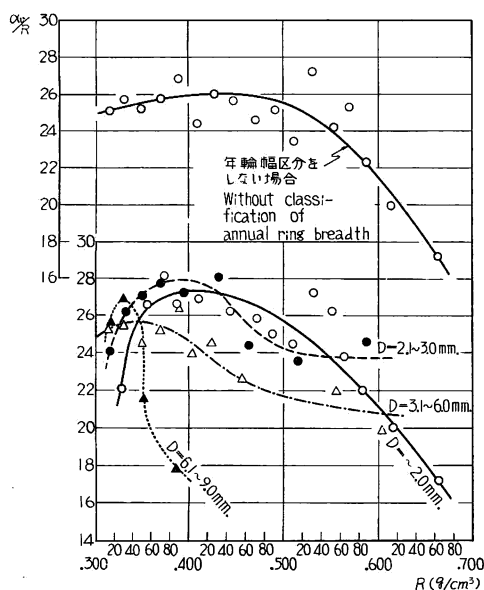


Fig. 14 グイマツにおける容積密度数 (R) と α_v/R 値との関係の年輪幅区分 (D) によるちがい

Difference of the relations between bulk-density (R) and α_v/R at each annual-ring breadth (D) of Kurile larch.

あたえている。両者では容積密度数の小さい部分 ($R \approx 0.320 \text{ g/cm}^3$ 以下) で異なつた傾向をしめすが、他の部分ではかなり類似した傾向である (Fig. 3 参照)。

この変化系列を、年輪幅の区分ごとに比較すると、図にあきらかなように、グイマツでは、どの年輪幅区分においても、 α_v/R 値が容積密度数の増加にともなつて増加——ほぼ安定——減少の経過をたどつており、ただその高さとピークの位置が異なつてあらわれ、また、シンシユウカラマツでは、 $D=1.1 \sim 2.0 \text{ mm}$ のものをのぞくといずれの年輪幅の区分においても、 α_v/R 値が容積密度数の増加にともなつて減少——ほぼ安定——減少の経過をたどり、やはり年輪幅の区分によつてその高さと位置とが異なつてあらわれる。したがつて、おなじ容積密度数にたいしても年輪幅の大きさが異なると、 α_v/R 値がちがつてあらわれる傾向があきらかであり、これらの年輪幅区分による各 $R-\alpha_v/R$ 曲線が比較的一致している容積密度数の範囲はごくわずかでしかない。

晩材率と容積密度数とがきわめて clear な直線関係にあれば⁹⁾¹⁵⁾、Fig. 12, 13 と Fig. 14, 15 とは相似的傾向の曲線としてしめされなければならないのであるが、この試料では、両者の関係がむしろ曲線的傾向にあるため (Fig. 8, 9), Fig. 12, 13 と Fig. 14, 15 とはかならずしもよく類似した形ではない。それでもこれらはシンシユウカラマツの低容積密度数・低晩材率の部分のをのぞけば、かなり類似した傾向の曲線をあたえているようにおもわれる。

α_v/R 値と年輪幅・晩材率または容積密度数との関係における、このような傾向からみれば、晩材率や

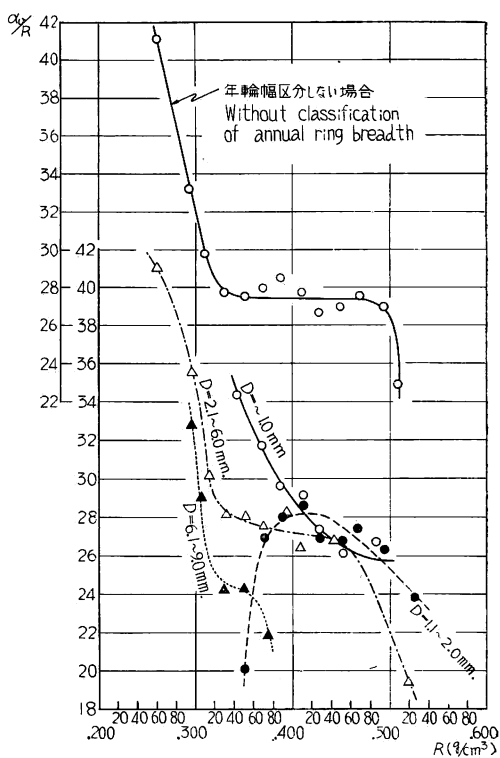


Fig. 15 シンシユウカラマツにおける容積密度数 (R) と α_v/R 値との関係の年輪幅区分 (D) によるちがい

Difference of the relations between bulk-density (R) and α_v/R at each annual-ring breadth (D) of Japanese larch.

年輪幅で表現される年輪構成を考慮にいれずに、容積収縮率の大きさを容積密度数との関係のみで一義的にとりあげ規定することは、かなりの無理をとまうであろうことが想定されうる。それはつまり、形態的なちがいが容積収縮率のあらわれかたにちがつた性質をあたえるとする、重さによる指標はその形態的なちがいを無差別的に包含してしまうからである。

容積収縮率に関する標準的年輪幅の抽出

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、 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、それぞれの年輪幅区分べつに求めると、Table 3 のような値をしめす。

これによれば、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つた α_v/R 値の安定域があり、かつ、その α_v/R 値もちがつてあらわれていることが知られる。 α_v/R 値のこのような安定域にぞくする材料は、年輪幅および晩材率、容積密度数に関してそれぞれほとんど linear な関係にあるとみなしうるものであつて、こういう clear な関係は、材料として処理するのにのぞましい性質のものでもある。

安定域にあたる晩材率または容積密度数の大きさは、グイマツ、シンシユウカラマツともに年輪幅が大きくなるほど小さい値をしめす傾向がほぼみとめられる。しかし、それらに対応する α_v/R 値の大きさはかならずしも同様な傾向にはない。

これらの 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關してくらべると、両者が一致しているのは、グイマツでは $D=2.1\sim 3.0\text{ mm}$ および $D=3.1\sim 6.0\text{ mm}$ のものであり、シンシユウカラマツ

Table 3. 各年輪幅区分 (D) における α_v/R 値がほぼ一定な晩材率 (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 .

樹 種 Tree species	年 輪 幅 (D) の範囲 Range of annual ring breadth (D) (mm)	α_v/R がほぼ一定な p の範囲 Range of p at which α_v/R is nearly constant			α_v/R がほぼ一定な 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 (%)
グ イ マ ツ (Kurile larch) <i>Larix Gmelini</i> LEDES	~2.0	15~45	26 $\pm$ 1	76(17)	.340~.480	27 $\pm$ 1	52(12)
	2.1~3.0	10~30	27 $\pm$ 1	87(23)	.320~.460	27 $\pm$ 1	78(20)
	3.1~6.0	5~25	25$\pm$1	72(32)	.300~.420	25$\pm$1	92(41)
	6.1~9.0	~10	23 $\pm$ 1	100(7)	.300~.340	26 $\pm$ 1	50(3)
シンシユウカラマツ (Japanese larch) <i>Larix leptolepis</i> GORDON	~1.0	15~30	29 $\pm$ 1	91(12)	.420~.500	27 $\pm$ 1	43(6)
	1.1~2.0	15~40	28$\pm$1	79(20)	.360~.480	28$\pm$1	88(23)
	2.1~6.0	5~30	28$\pm$1	79(43)	.320~.460	28$\pm$1	92(50)
	6.1~9.0	5~15	26 $\pm$ 1	30(2)	.320~.360	24 $\pm$ 1	22(2)

* 各Dの範囲にぞくする測定数にたいする各pまたはRの範囲にふくまれる測定数の比率 (Dの区分なしの総測定数にたいする各D範囲の各pまたはR範囲にふくまれる測定数の比率) でしめす。
Percentage of measurements in each range of p or R to them in each range of D (Percentage of measurements in each range of p or R to total measurements without classification of D).

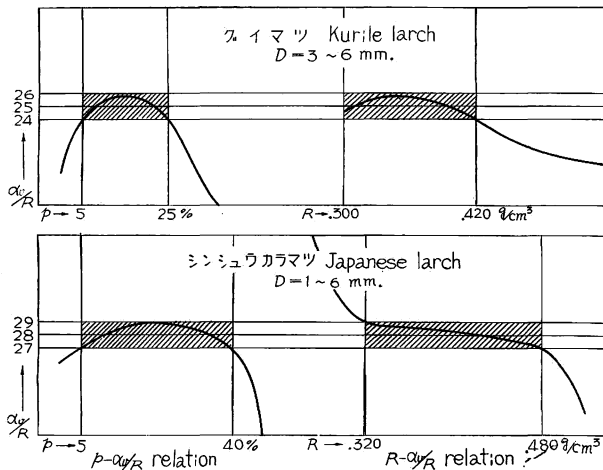


Fig. 16 標準的年輪幅 (D) における晩材率 (p)— α_v/R 値, 容積密度数 (R)— α_v/R 値の関係
Late-wood percentage (p)— α_v/R and bulk-density (R)— α_v/R relations at standard breadth of annual-ring (D).

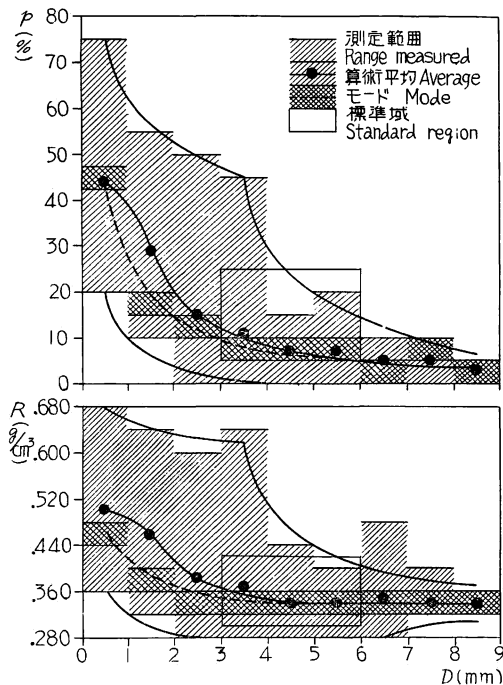


Fig. 17 グイマツにおける年輪幅 (D) に対応する晩材率 (p) および容積密度数 (R) の測定範囲と容積収縮率に関する標準域
Measured range of late-wood percentage (p) or bulk-density (R) corresponding to annual-ring breadth (D) and their standard region in relation to volumetric shrinkage of Kurile larch.

では $D=1.1 \sim 2.0 \text{ mm}$ および $D=2.1 \sim 6.0 \text{ mm}$ のものであつて、その両端の年輪幅区分では両樹種とも晩材率と容積密度数とに關してのちがいがあつた。これらのうち、グイマツの $D=2.1 \sim 3.0 \text{ mm}$ のものと $D=3.1 \sim 6.0 \text{ mm}$ のものとはその α_v/R 値がちがつてあらわれているが、シンシユウカラマツでは $D=1.1 \sim 2.0 \text{ mm}$ のものと $D=2.1 \sim 6.0 \text{ mm}$ のものとの α_v/R 値が一致してあらわれている。

また、これらの安定域にぞくする試料の出現率をみると、その年輪幅区分のなかで、グイマツの $D=3.1 \sim 6.0 \text{ mm}$ のものは 70~90% が安

定域にぞくし、シンシユウカラマツの $D=1.1 \sim 6.0 \text{ mm}$ のものは 80~90% が安定域にぞくしている。それらはまた、全年輪幅範囲にたいしても最高の出現率をしめしている (30~70%)。

したがつて、このような年輪幅、晩材率、容積密度数などについて異なつた $R-\alpha_v$ 関係をあたえる条件のなかから、比較的安定した関係をしめす構成要素を抽出すれば、グイマツでは年輪幅がほぼ $3 \sim 6 \text{ mm}$ (晩材率 5~25%, 容積密度数 $0.300 \sim 0.420 \text{ g/cm}^3$) 程度のもの、シンシユウカラマツでは年輪幅がほぼ $1 \sim 6 \text{ mm}$ (晩材率 5~40%, 容積密度数 $0.300 \sim 0.480 \text{ g/cm}^3$) 程度のものが、出現度もたかく、かつ、それぞれ $R-\alpha_v$ 関係が、年輪幅・晩材率・容積密度数の變動にほとんどかわりなく、おおむね linear で安定している領域であつて、いわば、年輪幅からする標準的なものといふことができよう (グイマツの $D=2.1 \sim 3.0 \text{ mm}$ のものは、安定域の α_v/R 値が晩材率と容積密度数とに關して一致しており、かつ、その年輪幅

範囲内での出現率も大きいという点で、上と同様な考えかたをすることができるが、それが $D = 3.1 \sim 6.0 \text{ mm}$ のものの値と相違することと、全測定数にたいする出現率がより小さいことの点で、この標準的な年輪幅範囲からのぞいた。

このような年輪構成のものは、容積密度数と容積収縮率とのあいだに、グイマツでは $\alpha_v \approx (24 \sim 26)R$ 、シンシユウカラマツでは $\alpha_v \approx (27 \sim 29)R$ なる簡単な関係をあたえることになり、この容積収縮率のあらわれかたに関する標準的な年輪幅における $p - \alpha_v/R$ 関係、および $R - \alpha_v/R$ 関係を図上で模式的に対応させると、Fig. 16 にしめすとおりである。また、この関係が成りたつ年輪幅、晩材率および容積密度数に関する標準域を、年輪幅による晩材率および容積密度数の全体的あらわれかたのなかに位置づけてみると、Fig. 17 (グイマツ) および Fig. 18 (シンシユウカラマツ) のようになる。

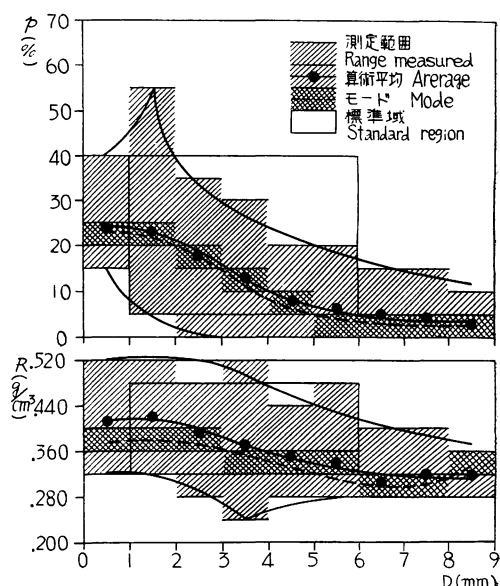


Fig. 18 シンシユウカラマツにおける年輪幅 (D) に対応する晩材率 (p) および容積密度数 (R) の測定範囲と容積収縮率に関する標準域

Measured range of late-wood percentage (p) or bulk-density (R) corresponding to annual-ring breadth (D) and their standard region in relation to volumetric shrinkage of Japanese larch.

要 約

木材の容積収縮率のみかけの大きさ、およびその容積密度数との関係における変動は、木材の年輪構成が容積密度数の大きさを規制すると同時に、容積収縮率をも独立的に規制するものであることに基づくとの考えかたから、グイマツ (*Larix Gmelini* LEDES) およびシンシユウカラマツ (*Larix leptolepis* GORDON) を試料として若干の解析と考察を試みた。

(1) 容積収縮率 (α_v) と容積密度数 (R) との比 α_v/R 値の樹幹内分布、R と α_v との関係、年輪幅に対応する晩材率 (p)、 α_v 、R および α_v/R 値の変化などについての検討から、年輪幅における容積収縮率に関する特性的な範囲が存在することをみとめ、年輪幅と晩材率とによる等収縮率曲線から、等しい晩材率であつても年輪幅の大きさがちがうと、異なつた大きさの容積収縮率をしめしうることをたしかめた。

(2) 年輪幅の大きさの区分にしたがつて、晩材率と容積密度数との関係および晩材率と容積収縮率との関係を検討し、各年輪幅がそれぞれ固有の $p-R$ 曲線および $p-\alpha_v$ 曲線をもつこと、および、それらが比較的よく一致する特性的な晩材率範囲があることをみとめた。

(3) また、年輪幅の区分にしたがつて、晩材率と α_v/R 値との関係および容積密度数と α_v/R 値との関係を検討し、これもまた、各年輪幅がそれぞれ固有の $p-\alpha_v/R$ 曲線、 $R-\alpha_v/R$ 曲線をもつことをみとめ、同一の年輪幅では同一の α_v/R 値に対応する異なる晩材率の値は、抽象化された概念では最大 1 対しかないこと、および、同一の容積密度数にたいしても年輪幅の大きさが異なると、 α_v/R 値もまた

異なつてあらわれることがたしかめられた。

(4) したがつて、年輪幅・晩材率で集中的に表現される年輪構成を考慮にいれずに、容積収縮率のあらわれかたを容積密度数との関係のみで一義的に規定することは、容積収縮率の大きさに影響する材料の形態的なちがいを、無差別的に包含してしまうことになると考えられた。それゆえに、年輪幅、晩材率および容積密度数に共通で、かつ、出現率の大きい α_v/R 値の安定域を求めれば、材料としてはかなり変動を排除した clear な関係を保ちうる範囲がえられるはずで、このようにして検討された容積収縮率のあらわれかたに関する標準的な年輪幅範囲は、グイマツではほぼ $3 \sim 6 \text{ mm}$ 、シンシユウカラマツではほぼ $1 \sim 6 \text{ mm}$ 程度のものであつた。この年輪構成のものは、年輪幅・晩材率・容積密度数等の変動にほとんどかわりなく、 $\alpha_v \div (24 \sim 26)R$ (グイマツ) あるいは $\alpha_v = (27 \sim 29)R$ (シンシユウカラマツ) なる簡単な関係をあたえる。

文 献

- 1) ERICKSON, H.D.: Tangential shrinkage of serial sections within annual rings of Douglas-fir and Western-red-cedar. For. Prod. Jour., 5, 4, (1955) p. 241.
- 2) 蕪木自輔: 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, (1956) p. 79.
- 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, 林業試験場研究報告, 90, (1956) p. 109.
- 4) 蕪木自輔: 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, (1962) p.55.
- 5) 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, (1952) p. 23.
- 6) 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, (1953) p. 1.
- 7) 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, (1954) p. 15.
- 8) 加納 孟: 木材材質の森林生物学的研究 (第11報) 北海道野幌地方における造林木の材質成長, 林業試験場研究報告, 90, (1956) p. 37.
- 9) 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, (1957) p. 1.
- 10) KOLLMANN, F.: Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe. 2 Auf., Bd. I, Springer-Verlag, Berlin, (1951) p. 409.
- 11) MCINTOSH, D.C.: Transverse shrinkage of red oak and beech. For. Prod. Jour., 7, 3, (1957) p. 114.
- 12) NEWLIN, J.A. and WILSON, T.R.C.: The relation of the shrinkage and strength properties of wood to its specific gravity. Bull. 676. U.S.D.A., Washington, (1919).
- 13) TRENDLENBURG, R. and MAYER-WEGELIN, H.: Das Holz als Rohstoff. 2 Auf., Carl-Hanser-Verlag, München, (1955) p. 257.
- 14) VINTILA, E.: Untersuchungen über Raumgewicht und Schwindmass von Früh- und Spätholz bei Nadelholzen. Holz als Roh- und werkstoff, 2, 10, (1939) p. 345.
- 15) YLINEN, A.: Über den Einfluss des Spätholzanteils und Jahrringbreite auf die Rohwichte beim Finischen Kiefernholz. Holz als Roh- und Werkstoff, 9, 12, (1951) p. 449.

Forest-biological Studies on Wood Quality (Report 16).
Some aspects on the relation of the annual-ring constitution to the
volumetric shrinkage of wood.

Zisuke KABURAGI

(Résumé)

Taking the view that the variance of the values of volumetric shrinkage and its relationship to the bulk-density should be due to a matter that the constitution of annual-ring regulates, simultaneously and independently, the values of bulk-density and of volumetric shrinkage, we studied some relations of the visual characteristics such as annual-ring breadth and late-wood percentage to the volumetric shrinkage of wood.

Sample specimens were taken from Kurile larch (*Larix Gmelini* LEDES) and Japanese larch (*Larix leptolepis* GORDON), and their outlines were sketched in Tables 1 and 2. The method of observations was the same as described in former reports (cf. Reports 5, 12 and 13).

The results of this study are as follows:

(1) The characteristic range of annual-ring breadth related with the volumetric shrinkage was noticed judging from observations on the distribution of the value of α_v/R (ratio of the volumetric shrinkage to the bulk-density) in the stem (Figs. 1 and 2), the relation of the bulk-density (R) to the volumetric shrinkage (α_v) (Fig. 3) and the variation of the late-wood percentage (p), the volumetric shrinkage, the bulk-density or the value of α_v/R according to the breadth of annual-ring (Figs. 4 and 5), and then, it was confirmed that the volumetric shrinkage was able to take a different value when the annual-ring breadth was dissimilar, even if the late-wood percentage had been the same value (Figs. 6 and 7).

(2) The relations between the late-wood percentage and the bulk-density or the volumetric shrinkage at each class of annual-ring breadth showed that they had individual $p-R$ curve or $p-\alpha_v$ curve respectively, and that there was a characteristic range of late-wood percentage coinciding relatively these curves with one another (Figs. 8 to 11).

(3) And, the relations between the late-wood percentage or the bulk-density and the value of α_v/R at each class of annual-ring breadth showed that they also had individual $p-\alpha_v/R$ curve or $R-\alpha_v/R$ curve respectively, and that speaking in the abstract, the different values of late-wood percentage corresponding to the same value of α_v/R were only one pair at the most, and the value of α_v/R was dissimilar when the annual-ring breadth was different, even if the bulk-density had been the same value (Figs. 12 to 15).

(4) Therefore, it was considered that such a primary prescription as the relation only between the volumetric shrinkage and the bulk-density with no consideration of the annual-ring constitution represented by such annual-ring breadth or late-wood percentage would have impartially involved the morphological differences of the material related with the volumetric shrinkage of wood. Hence, the almost stable range of α_v/R value through the relations to the annual-ring breadth, the late-wood percentage and the bulk-density would keep a clear relationship of the bulk-density to the volumetric shrinkage. The standard breadth of annual-ring sought in such a way as mentioned above were about 3~6 mm on Kurile larch and about 1~6 mm on Japanese larch (Table 3 and Figs. 16 to 18). These constitutions of annual-ring give the plain relations $\alpha_v \div (24\sim26)R$ on Kurile larch and $\alpha_v \div (27\sim29)R$ on Japanese larch, without close regard to the variation of the annual-ring breadth, the late-wood percentage or the bulk-density.