

日本産主要樹種の性質

物理的性質（第3報）

東北・中部・中国および四国地方

産材の収縮性試験

蕪	木	自	輔 ⁽¹⁾
中	野	達	夫 ⁽²⁾
葉	石	猛	夫 ⁽³⁾

1. ま え が き

日本産主要樹種の性質に関する試験の一環として実施中の物理的性質試験のうち、その吸湿性および吸水性の一部分についてはさきに報告したところであるが⁽¹⁾⁽²⁾、ここにはひきつづいてその収縮性の一部を報告する。

この一連の試験の趣旨は、前報にも述べたように、一定の方法でサンプリングされた主要な日本産樹種の材について、林業試験場木材部・林産化学部の各分野で共同して試験を行ない、きわめて実用的な基礎資料を総括的に集積することを目的としている。したがって、当初計画⁷⁾の全樹種および全試験項目についてのデータが出そろってはじめて、その本来の意味が十分に発揮されるのであるが、それまでには、なお若干の時日を要するので、部分的ではあるが一応のとりまとめを行なって参考とすることにしたものである。

なお、木材の収縮性能に関する研究は古くから数多くあり、かつ、本質的解明を要する部分も残されているが、この一連の報告では、その試験目的からして、現象の本質的論議には立ち入らず、それらは別の機会にゆずり、ここではもっぱら木材全体としての把握とそのなかでの樹種的位置づけとに焦点をおいている。

この試験の実施にあたっては、供試材の採取に際して国有林関係当局・係官に多大の便宜を与えていただいた。さらに、大量の供試材の処理およびとりまとめについては、木材部製材・強度・物理各研究室の関係各位の労を煩わした。また、その当初計画においては、元物理研究室長 井阪三郎氏（現岐阜大学農学部教授）ならびに元物理研究室員 梅原 誠氏（現飯山スキー工業所 K. K. 勤務）が参画された。ここに付記して深甚の謝意を表します。

2. 試料および測定方法

(1) 試 料

1968年10月18日受理

(1) 前木材部材料科物理研究室長・現東京農工大学農学部教授・農学博士

(2) 木材部材料科材質研究室

(3) 木材部材料科物理研究室

Table 1. 供 試 木 と
Number of sample trees

樹 種 Tree species		
記 号 Symbol	和 名 Common name	学 名 Scientific name
3M 4M 6F 9J	イヌマキ INUMAKI モミ MOMI アオモリトドマツ AOMORITODOMATSU カラムツ KARAMATSU	<i>Podocarpus macrophyllus</i> D. DON <i>Abies firma</i> SIEBOLD et ZUCCARINI <i>Abies Mariesii</i> MASTERS <i>Larix leptolepis</i> GORDON
13M 14M 15F	トガサワラ TOGASAWARA ツガ TSUGA アカマツ AKAMATSU	<i>Pseudotsuga japonica</i> BEISSNER <i>Tsuga Sieboldii</i> CARRIÈRE <i>Pinus densiflora</i> SIEBOLD et ZUCCARINI
15L	アカマツ AKAMATSU	<i>Pinus densiflora</i> SIEBOLD et ZUCCARINI
19J 20J	コウヤマキ KÔYAMAKI ヒノキ HINOKI	<i>Sciadopitys verticillata</i> SIEBOLD et ZUCCARINI <i>Chamaecyparis obtusa</i> ENDLICHER
21J 22J 23J 24F	サワラ SAWARA ネズコ NEZUKO アスナロ ASUNARO ヒノキアスナロ HINOKIASUNARO	<i>Chamaecyparis pisifera</i> ENDLICHER <i>Thuja Standishii</i> CARRIÈRE <i>Thujopsis dolabrata</i> SIEBOLD et ZUCCARINI <i>Thujopsis dolabrata</i> SIEBOLD et ZUCCARINI var. <i>Hondai</i> MAKINO
28F 36F	オニグルミ ONIGURUMI クリ KURI	<i>Juglans Sieboldiana</i> MAXIMOWICZ <i>Castanea crenata</i> SIEBOLD et ZUCCARINI
38F 38K	ブナ BUNA ブナ BUNA	<i>Fagus crenata</i> BLUME <i>Fagus crenata</i> BLUME
38L	ブナ BUNA	<i>Fagus crenata</i> BLUME
45F 45K	ミズナラ MIZUNARA ミズナラ MIZUNARA	<i>Quercus crispula</i> BLUME <i>Quercus crispula</i> BLUME
56F 63M	イヌエンジュ INUENJU ヒメシャラ HIMESHARA	<i>Maackia amurensis</i> RUPRECHT et MAXIMOWICZ var. <i>Buergeri</i> C. K. SCHNEIDER <i>Stewartia monadelphica</i> SIEBOLD et ZUCCARINI
合 計		Over all

*1 Cross section, *2 Tangential section, *3 Radial section, *4 Total

*5 木材部試験材ライブラリーの整理番号をしめす。前報⁴⁾⁷⁾ 参照。 Cf. previous reports⁴⁾⁷⁾.

試験片数
and test specimens

供試木 本 数 Number of sample trees	試 験 片 数 Number of test specimens								合計 In all	試 験 材 番 号*5 Sign of lumber tested in the lumber library of Wood Tech. Div., Gov. For. Exp. St.
	心 材 Heartwood				辺 材 Sapwood					
	木口 試片 *1	板目 試片 *2	マサ 目試 片*3	計 *4	木口 試片 *1	板目 試片 *2	マサ 目試 片*3	計 *4		
2	6	8	8	22	6	8	8	22	44	3M1AO, 2AO
2	6	7	7	20	6	7	7	20	40	4M1AO, 2AO
3	6	6	6	18	6	6	6	18	36	6F1AO, 2AO, 4AO
23	27	27	27	81	—	25	—	25	106	9J1AO, 10AO, 13AO, 16AO, 18AO, 21 AO, 28AO, 29AO, 30AO, 31AO, 32AO 33AO, 36AO, 37AO, 38AO, 39AO, 42A O, 43AO, 48AO, 62AO, 64AO, 68AO, 71AO
1	6	7	7	20	6	7	7	20	40	13M1AO
2	6	7	7	20	6	7	7	20	40	14M1AO, 2AO
21	21	22	22	65	22	22	22	66	131	15F19AO, 44AO, 70AO, 101AO, 134AO 176AO, 201AO, 205AO, 210AO, 215AO, 258AO, 360AO, 365AO, 385AO, 412AO, 444AO, 468AO, 472AO, 491AO, 503AO, 503BO, 526AO
28	46	41	41	128	46	43	42	131	259	15L1AO, 1BO, 1CO, 14AO, 15AO, 29 AO, 42AO, 62AO, 65AO, 76AO, 82AO 90AO, 91AO, 95AO, 96AO, 102AO, 103 AO, 103BO, 103CO, 105AO, 105BO, 105 CO, 106AO, 122AO, 243AO, 252AO, 257AO, 286AO, 289AO, 289BO, 289CO, 291AO, 291BO, 291CO, 306AO, 306BO, 306 CO, 309AO, 310AO, 312AO, 312BO, 312CO 19J87AO, 88AO
2	6	6	6	18	—	4	—	4	22	20J1AO, 1BO, 2AO, 6AO, 7AO, 10AO 12AO, 18AO, 21AO, 33AO, 41AO, 57A O, 60AO, 62AO
13	18	18	18	54	1	18	—	19	73	21J81AO
1	6	6	6	18	—	6	—	6	24	22J83AO, 86AO
2	6	6	6	18	—	6	—	6	24	23J40AO, 82AO
2	6	6	6	18	—	6	—	6	33	24F2AO, 3AO, 4AO, 5AO, 6AO
5	9	9	9	27	—	6	—	6	33	28F1AO, 2AO, 3AO, 3BO, 4AO
4	5	5	5	15	—	5	—	5	20	36F1AO, 2AO, 3AO, 4AO, 5AO, 6AO
13	13	13	13	39	—	8	—	8	47	7AO, 8AO, 9AO, 10AO, 11AO, 12AO, 13AO
9	9	7	7	23	9	9	9	27	50	38F48AO, 66AO, 101AO, 111AO, 124A O, 126AO, 129AO, 133AO, 134AO
21	19	20	20	59	24	23	23	70	129	38K9AO, 25AO, 34AO, 48AO, 51AO, 52AO, 55AO, 56AO, 59AO, 61AO, 68A O, 76AO, 84AO, 87AO, 88AO, 90AO, 91AO, 92AO, 93AO, 94AO, 106AO
12	12	12	12	36	13	13	13	39	75	38L3AO, 4AO, 8AO, 21AO, 23AO, 23 BO, 24AO, 30AO, 33AO, 70AO, 90AO 96AO, 98AO
6	11	11	11	33	8	11	6	25	58	45F1AO, 1BO, 3AO, 3BO, 4AO, 4BO 6AO, 6BO, 7AO, 7BO, 12AO
12	20	20	20	60	2	16	—	18	78	45K15AO, 16AO, 19AO, 23AO, 24AO, 24BO, 24CO, 26AO, 27AO, 28AO, 29A O, 31AO, 32AO, 34AO
6	6	6	6	18	—	—	—	—	18	56F1AO, 2AO, 3AO, 4AO, 5AO, 6AO
2	6	8	7	21	6	7	8	21	42	63M1AO, 2AO
192	276	278	277	831	161	263	158	582	1,413	

試料は、東北・中部・中国および四国地方産の19樹種、産地区分をふくめて23種類であるが、すべて一定の方法⁷⁾によってサンプリングされたものである。ただし、この地方で当初予定されたイチイ、トウヒ、ヒメコマツおよびスギの4樹種については、採材のつごうで続報にふくめることにしてある。

これらの試料樹種、供試木本数、試験片数などを Table 1 に示す。表中、樹種番号の末尾の F, J, K, L, M の記号は産地区分を示し、それぞれ、青森、長野、名古屋、大阪、高知各営林局管内を意味している。

試験片は、供試木の胸高部位から地上高約 3.4m までの範囲を原則として、生材状態を保ちつつ研究室に搬入された丸太の元口部分から、可及的速やかに、欠点部分をさけつつ辺・心材部べつに所定の方法で木取った。心材試験片は、樹心部周辺の影響をさけるため、心材半径の中央部分から外側で木取るようにした。Table 1 に辺材試験片を欠く樹種は、辺材幅が狭くて木取りが不可能であったものである。供試木本数は合計 192 本、丸太数にして 207 本、試験片数は合計 1,413 箇に達した。

なお、試料の採材方法、試験材の管理、産地、試験材のコード番号、樹種記号などに関する詳細の説明については、前報記載事項⁴⁾⁷⁾を参照されたい。

(2) 測定方法

測定方法は、すべて JIS Z 2103-1987 木材の収縮率測定方法に準拠した。ただし、規格に定める測定のほか、板目木取り試験片についても測定を行ない、かつ、マサ目木取り・板目木取り試験片については、厚さ方向を除く 2 軸方向の収縮をも測定して、方向べつ測定値の照合に供した。

試験片は、辺長 30mm、厚さ（繊維方向）5mm の正しい二方マサの正方形の板（木口試験片）、長さ（繊維方向）60mm、幅 30mm、厚さ 5mm の正しい平マサの板（マサ目試験片）および同寸法の板目の板（板目試験片）とし、各試験片の測定基準線の長さを、生材のとき、温度 20°C・関係湿度 75% の室内で重量が一定に達したとき、および温度 60°C で 1 昼夜乾燥してから全乾にしたときに、それぞれ測定し、次式によって各種の収縮率を 3 軸方向について求めた。

$$\text{含水率 1\% に対する平均収縮率（平均収縮率と略称）：} \quad \delta = \frac{l_2 - l_3}{nl} \times 100(\%) \dots\dots\dots(1)$$

生材時から気乾（含水率15%）時までの収縮率（気乾収縮率と略称）：

$$\alpha_{15} = \frac{l_1 - l}{l_1} \times 100(\%) \dots\dots\dots(2)$$

$$\text{生材時から全乾時までの収縮率（全収縮率と略称）：} \quad \alpha = \frac{l_1 - l_3}{l_1} \times 100(\%) \dots\dots\dots(3)$$

ここに、 l_1 ：生材のときの基準線の長さ

l_2 ：温度 20°C・関係湿度 75% の室内で重量が一定に達したときの基準線の長さ

l_3 ：全乾したときの基準線の長さ

n ： l_2 を測定したときの試験片の含水率

l ：含水率15%のときの基準線の長さで、次式によって換算したもの

$$l = l_3 + \frac{15(l_2 - l_3)}{n} \dots\dots\dots(4)$$

なお、3 軸方向収縮率の区別は、接線方向 t 、半径方向 r 、繊維方向 l の suffix を付して表わすこととした。

長さの測定には精度 1/100mm のダイヤルゲージを用い、重量の測定には精度 1/1000g の直示天秤を用いた。

また、生材時、気乾(含水率15%)時および全乾時における各試験片の容積と、気乾時および全乾時の重量とから、容積密度数($R \text{ kg/m}^3$), 全乾容積重($r_0 \text{ g/m}^3$)および気乾容積重($r_{15} \text{ g/cm}^3$)を求め、さらに、木口試験片については平均年輪幅および中央年輪の矢高をも測定した。

3. 測定結果

各種収縮率の測定結果は、樹種べつ代表値を一覧表にまとめて、末尾に付表として掲げた。代表値は、測定数5以上のものについては、算術平均値、標準偏差、変動係数および95%信頼限界を、また、測定数5未満のものについては、算術平均値のみを算出して記載した。配列は樹種番号の若い順にしてある。

なお、本表では、前記の3種類の木取りによる試験片の測定値を重複記載せず、接線方向・半径方向収縮および容積重、年輪幅、年輪矢高は木口試験片の、また、繊維方向収縮はマサ目試験片の測定値を採用し、他の測定値はすべて相互のチェックに用いるにとどめた。ただし、辺材部において、木口またはマサ目試験片の採取が不可能であった場合のみは、半径方向収縮を除いて、板目試験片の測定値を採用してある。

この試験の目的は、本表をうることにほづきているが、つぎに若干の項目について説明を加える。

(1) 樹種による収縮量の差異

各樹種の各収縮率の平均値について、その相対的評価を容易にするために、それらを棒グラフで示し、大きい順に樹種をならべてみると、Fig. 1~6 のようになる。これらのうち、Fig. 1, 2 は各方向全収縮、Fig. 3, 4 は各方向気乾収縮、また Fig. 5, 6 は各方向平均収縮の場合について、それぞれ、心材・辺材べつに図示したものである。

これらによると、各樹種の収縮量は、3軸方向のべつ、心・辺材のべつ、全収縮・気乾収縮・平均収縮のべつ、それぞれにおいて樹種によって著しい差異のあることがわかる。また、それらの樹種の順位はか

ならずしも対応的であるとは限らない。つまり、収縮方向や収縮過程の部分、あるいは心・辺

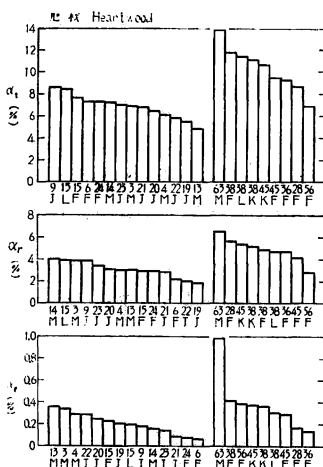


Fig. 1 全収縮率(α_t , α_r , α_l)の樹種べつ比較—心材—
Comparison of average shrinkage when green to oven dry (α_t , α_r , α_l) on each tree species —heartwood—

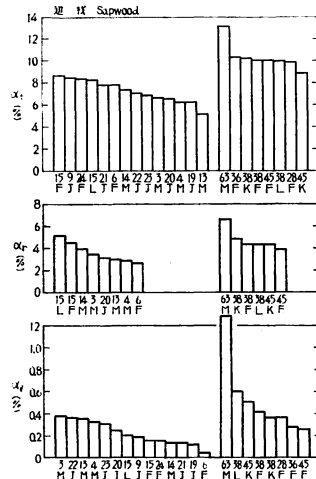


Fig. 2 全収縮率(α_t , α_r , α_l)の樹種べつ比較—辺材—
Comparison of average shrinkage when green to oven dry (α_t , α_r , α_l) on each tree species —sapwood—

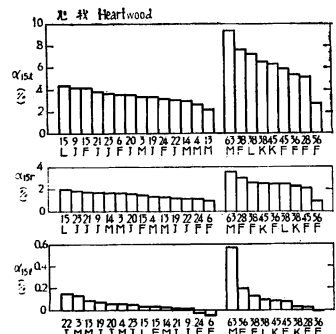


Fig. 3 気乾収縮率(α_{15t} , α_{15r} , α_{15l})の樹種べつ比較—心材—
Comparison of average shrinkage when green to air dry (α_{15t} , α_{15r} , α_{15l}) on each tree species —heartwood—

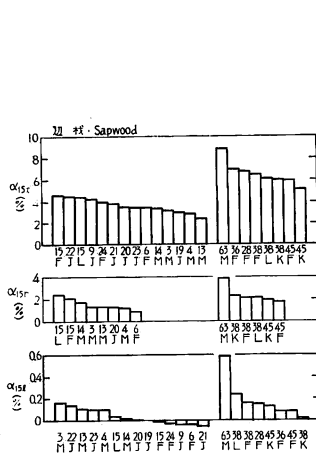


Fig. 4 気乾収縮率 (α_{15t} , α_{15r} , α_{15l}) の樹種べつ比較—辺材—
Comparison of average shrinkage when green to air dry (α_{15t} , α_{15r} , α_{15l}) on each tree species —sapwood—

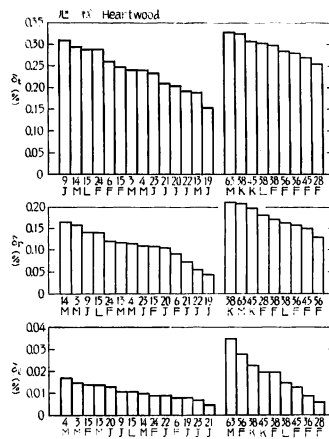


Fig. 5 平均収縮率 (δ_t , δ_r , δ_l) の樹種べつ比較—心材—
Comparison of average shrinkage per unit moisture content when air dry to oven dry (δ_t , δ_r , δ_l) on each tree species —heartwood—

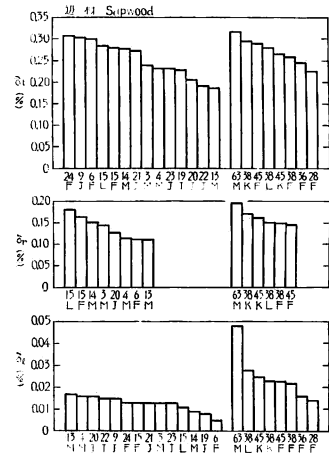


Fig. 6 平均収縮率 (δ_t , δ_r , δ_l) の樹種べつ比較—辺材—
Comparison of average shrinkage per unit moisture content when air dry to oven dry (δ_t , δ_r , δ_l) on each tree species —sapwood—

材などの条件によって、樹種の順位は変動し、樹種による収縮量の大きさを単純に一括して評価することは、かなりむずかしいように思われる。

そこで、各方向の各種収縮率を大まかに4段階に区分して、仮りの評価を与えると Table 2 のようになる。この区分は、樹種べつ収縮率の出現頻度と各種収縮率の大きさの概括的關係を考慮して、腰のための仮定した基準であるから、厳密に言えば、各種の収縮べつに独立した評価基準とならざるをえないものではある。また、これらの評価は、はじめに述べたように当初計画の全樹種についての資料がえられた時点で改めて評価しなおさないと、より適切な相対的位置づけにはならないものではあるが、この段階での資料からは、全収縮率については大ざっぱにつきのようになる。

横断面方向全収縮率 (α_t , α_r) については、

とくに大きいか、または比較的大きい樹種群として、オニグルミ、クリ、ブナ、ミズナラ、ヒメシャラ
比較的大きいか、または普通の大きさの樹種群として、イヌマキ、カラマツ、ツガ、アカマツ、ヒノキ
アスナロ

普通の大きさか、または比較的小さい樹種群として、モミ、アオモリトドマツ、トガサワラ、コウヤマキ、ヒノキ、サワラ、ネズコ、アスナロ、イヌエンジュ
などがあげられる。

繊維方向全収縮率 (α_l) については、

とくに大きいか、または比較的大きい樹種群として、ブナ、ミズナラ、ヒメシャラ
比較的大きいか、または普通の大きさの樹種群として、イヌマキ、モミ、トガサワラ、ネズコ、アスナロ、オニグルミ、クリ、イヌエンジュ

普通の大きさか、または比較的小さい樹種群として、アオモリトドマツ、カラマツ、ツガ、アカマツ、コウヤマキ、ヒノキ、サワラ、ヒノキアスナロ

Table 2. 収縮量の樹種べつ評価
Classification of shrinkage values on each tree species

樹 種 Tree species		接 線 方 向 Tangential direction			半 径 方 向 Radial direction			織 維 方 向 Axial direction		
		α_t	α_{15t}	δ_t	α_r	α_{15r}	δ_r	α_l	α_{15l}	δ_l
イヌマキ	3MH	C	C	C	B	C	B	B	B	C
"	3MS	C	C	C	B	D	B	B	B	C
モミ	4MH	C	D	C	C	D	C	B	C	C
"	4MS	C	D	C	C	D	C	B	C	C
アオモリトドマツ	6FH	C	C	B	C	D	D	D	D	D
"	6FS	C	C	B	C	D	C	D	D	D
カラマツ	9JH	B	C	A	B	C	C	C	D	C
"	9JS	B	C	A	—	—	—	C	D	C
トガシワラ	13MH	D	D	D	C	D	C	B	C	C
"	13MS	D	D	D	C	D	C	B	B	C
ツガ	14MH	C	D	B	B	C	B	C	D	D
"	14MS	C	C	B	B	C	B	C	D	D
アカマツ	15FH	C	C	C	C	D	C	C	D	C
"	15FS	B	C	B	B	C	C	C	D	C
"	15LH	B	C	B	B	C	C	C	D	C
"	15LS	B	C	B	A	C	C	C	D	C
コウヤマキ	19JH	D	C	D	D	D	D	C	C	D
"	19JS	C	D	C	—	—	—	C	D	C
ヒノキ	20JH	C	C	C	C	D	C	C	D	C
"	20JS	C	C	C	C	D	C	C	D	C
サシワラ	21JH	C	C	C	C	C	D	D	D	C
"	21JS	C	C	B	—	—	—	C	D	C
ネズコ	22JH	D	C	D	D	D	D	B	B	D
"	22JS	C	C	D	—	—	—	B	B	C
アスナロ	23JH	C	C	C	C	C	C	B	D	C
"	23JS	C	C	C	—	—	—	B	C	C
ヒノキアスナロ	24FH	C	C	B	C	D	C	D	D	C
"	24FS	B	C	A	—	—	—	C	D	C
オニグルミ	28FH	B	B	B	A	B	B	C	D	D
"	28FS	B	B	C	—	—	—	B	B	C
クリ	36FH	B	B	B	B	C	B	C	D	C
"	36FS	A	B	C	—	—	—	B	C	C
ブナ	38FH	A	A	B	B	B	B	A	B	C
"	38FS	A	B	B	B	C	B	A	B	B
"	38KH	A	B	A	B	C	A	B	D	B
"	38KS	A	B	B	B	C	B	B	D	B
"	38LH	A	A	A	B	C	B	B	C	C
"	38LS	A	B	B	B	C	B	A	A	C
ミズナラ	45FH	B	B	B	B	C	C	B	C	C
"	45FS	A	B	B	B	C	C	B	C	B
"	45KH	A	B	A	A	C	B	B	C	C
"	45KS	B	B	B	B	C	B	A	B	B
イヌエンジュ	56FH	C	D	B	C	D	C	A	B	B
ヒメシヤラ	63MH	A	A	A	A	B	A	A	A	A
"	63MS	A	A	A	A	A	B	A	A	A

(注, Note) H:心材 Heartwood, S:辺材 Sapwood

評 価 Classification; A:とくに大 Very high, B:大 High,

C:普通 Moderate, D:小 Low class.

%

α					α_{15}					δ				
Class	D	C	B	A	Class	D	C	B	A	Class	D	C	B	A
α_t	~6	~8	~10	10~	α_{15t}	~3	~5	~7	7~	δ_t	~0.2	~0.25	~0.3	0.3~
α_r	~2	~3.5	~5	5~	α_{15r}	~1.5	~2.5	~3.5	3.5~	δ_r	~0.1	~0.15	~0.2	0.2~
α_l	~0.1	~0.25	~0.4	0.4~	α_{15l}	~0.05	~0.1	~0.2	0.2~	δ_l	~0.01	~0.02	~0.03	0.03~

などがあげられる。

なお、これらの試料には、肉眼的に判別できない引張りあて材あるいは圧縮あて材がふくまれている可能性も、けっして小さくはない。したがって、その影響がとくに繊維方向収縮に敏感に反映することも十分に考えられる。それにもかかわらず、一般に生産される材の収縮性能としての評価は、この資料においてもなお意味があるだろう。

また、気乾収縮と平均収縮との関係については別の項でふれる。

(2) 容積重との関係

一般に、収縮率と容積重との関係は、繊維方向を除いて、直線的あるいは曲線の関係にあり、一定の容積重範囲においては、その増加にともなって収縮率も増加するものとみなされている¹⁾²⁾。

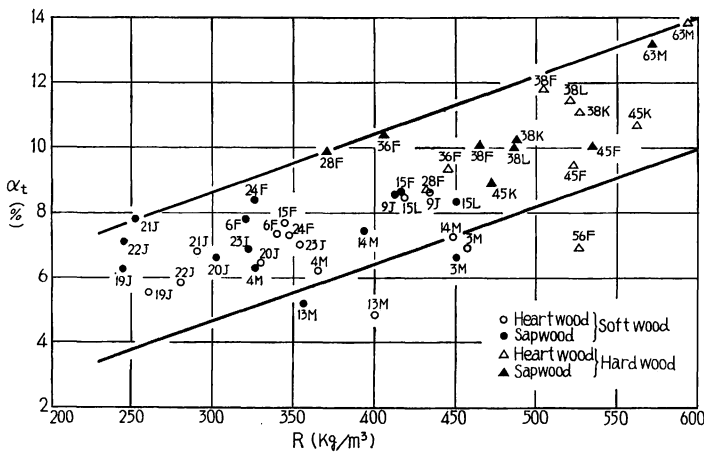


Fig. 7 容積密度数 (R) と接線方向全収縮率 (α_t) との関係

Relation between bulk density (R) and tangential shrinkage when green to oven dry (α_t).

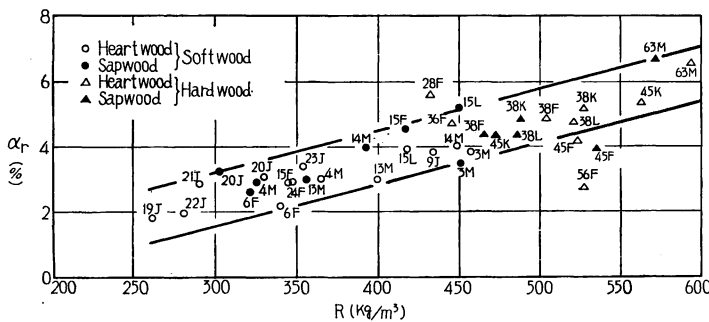


Fig. 8 容積密度数 (R) と半径方向全収縮率 (α_r) との関係

Relation between bulk density (R) and radial shrinkage when green to oven dry (α_r).

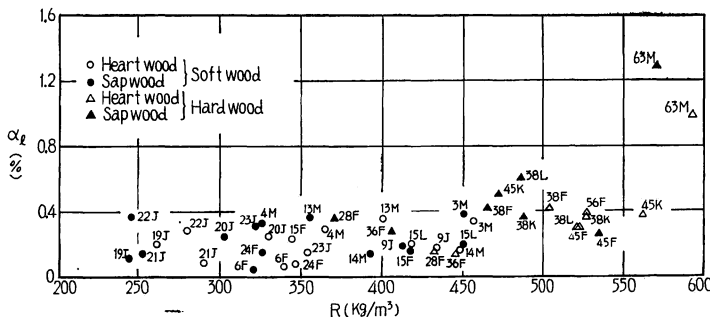


Fig. 9 容積密度数 (R) と繊維方向全収縮率 (α_l) との関係

Relation between bulk density (R) and radial shrinkage when green to oven dry (α_l).

Fig. 7~9 は、本試料の樹種べつ平均値によって、3軸方向全収縮率 (α_t , α_r , α_l) と容積密度数 (R) との関係を示すものである。

これらによれば、樹種間における α_t もしくは α_r と R との関係は、かなりのバラツキをもちつつも、なお大略比例的関係を想定することができる。しかし、 α_l と R との関係については、ほとんど相関がみとめられない。 α_l と R とは一般には反比例的関係を示すとされているが、樹種間においては、大部分の樹種はほぼ一定範囲にバラつくもののようであり、 $R \approx 450 \text{ kg/m}^3$ までの範囲ではほとんど変化がみられない。この範囲のものは、大多数が針葉樹材であるが、 $R \approx 450 \text{ kg/m}^3$ 以上の広葉樹材では、かなりバラツキがはげしくなる。これは、あるいは判別困難な引張りあて材や材軸に通直でない木理走向などの効果によるものであるかもしれないが、ここでは言及できない。

それで、繊維方向収縮についての検討はしばらくおいて、ほぼ直線的と想定される横断面方向全収縮を、生材から気乾までの収縮と気乾から全乾までの収縮との2つの部分にわけて、 α_{15t} と δ (δ は前述のように(1), (4)式で求められているから、気乾から全乾までの収縮率におきかえて考えることができる) とによって R との関係を求めてみると、接線方向 (α_{15t} , δ_t) については Fig. 10, 11, 半径方向 (α_{15r} , δ_r) については Fig. 12, 13 のようになる。

これらによると、大まかにみて、接線方向においては、 α_{15t} , δ と $R \approx 450 \text{ kg/m}^3$ 以上の範囲ではほぼ直線関係がみとめられるが、それ以下の R 範囲ではほとんど一定範囲にプロットされるか、あるいはバラツキが相当はげしく現われる。半径方向においては、むしろ、これと逆の傾向がうかがわれる。この R 範囲は、本試料の場合は大部分の広葉樹材と針葉樹材とにおきかえることができる。

Fig. 10 容積密度数 (R) と接線方向気乾収縮率 (α_{15t}) との関係
Relation between bulk density (R) and tangential shrinkage when green to air dry (α_{15t}).

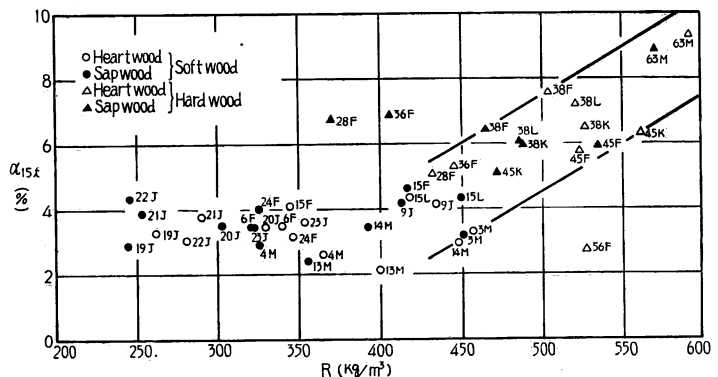
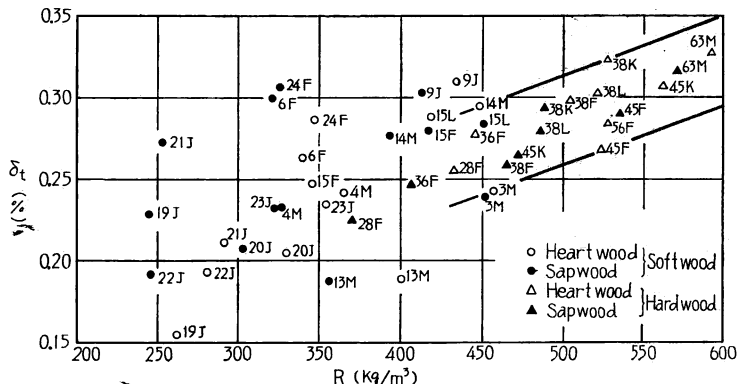


Fig. 11 容積密度数 (R) と接線方向平均収縮率 (δ_t) との関係
Relation between bulk density (R) and tangential shrinkage per unit moisture content when air dry to oven dry (δ_t).



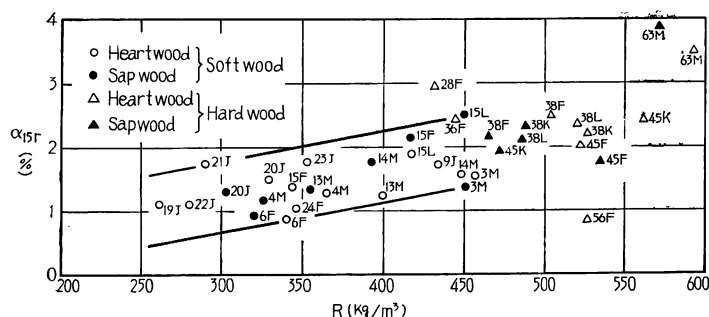


Fig. 12 容積密度数 (R) と半径方向気乾収縮率 (α_{15r}) との関係

Relation between bulk density (R) and radial shrinkage when green to air dry (α_{15r}).

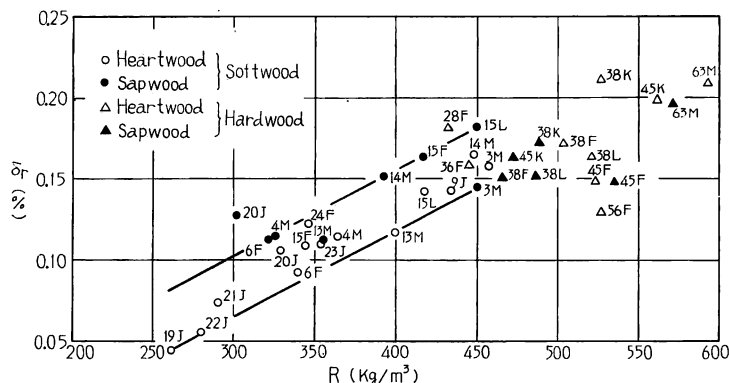


Fig. 13 容積密度数 (R) と半径方向平均収縮率 (δ_r) との関係

Relation between bulk density (R) and radial shrinkage per unit moisture content when air dry to oven dry (δ_r).

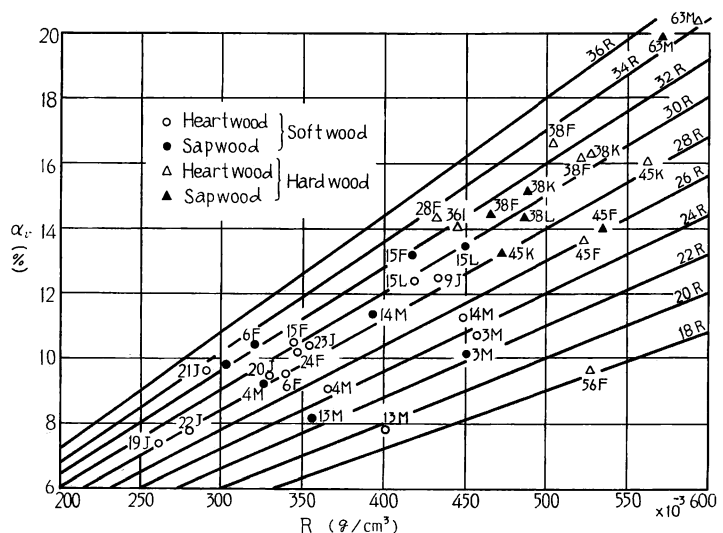


Fig. 14 容積密度数 (R) と容積全収縮率 (α_v) との関係

Relation between bulk density (R) and volumetric shrinkage when green to oven dry (α_v).

収縮過程におけるこのような傾向が組み合わされて前掲の Fig. 7 および 8 が与えられるわけであるから、 R との関係における収縮量の実用的評価に際しても、生材から気乾までの収縮と気乾から全乾までの収縮とは、区別されて評価されなければならないことになる。

つぎに、樹種べつ平均容積収縮率 (α_v) を計算によって近似的に求め、それと R との関係を Fig. 14 に示す。

各樹種の値はきわめて広い範囲にバラつき、 R と α_v とのあいだに原点を通る直線関係を仮定すると、

R を g/cm^3 単位で表わせば, α_v は $18R$ から $36R$ のあいだに分布する。しかし, 大部分の樹種は約 $26R \sim 34R$ 程度のあいだに集中し, 特異な位置にあるイヌマキ, トガサワラ, イヌエンジュなどを除けば, かなり規則的であるとみなされよう。

なお, この場合の係数 α_v/R の平均値は, 測定針葉樹材で 28.0, 測定広葉樹材で 29.9 を与えており, 全試料樹種平均では 28.8 であった。この値は従来一般にみとめられている標準的な値にほぼ一致するものである。

以上のように, 樹種間における各種の収縮率と R との関係には, 一定部分の規則性をみいだすことができるが, その傾向のなかでの個々の代表値のバラツキは, 収縮率を R でおきかえるには少なからず大きすぎるといえる。したがって, 樹種べつ収縮率の評価を R との関係において確かめることは有用ではあるが, R によって α を推定する場合の精度は比較的低いものと考えなければならない。これは, 収縮性の樹種特性が容積重だけではカバーされきれないことを意味している。

(3) 樹種による比収縮率の差異

前項の結果から, 収縮に及ぼす容積重の効果を一応無視できるように, 各種の収縮率を R で除した値, つまり単位容積重量あたりの各種収縮率の大きさを算出し, これを比収縮率と略称して, それらの樹種による差異を確かめる。

求められた比収縮率の値を棒グラフで表わし, 大きい順に樹種をならべて Fig. 15~21 に示す。これらのうち, Fig. 15, 16 は各方向全収縮, Fig. 17, 18 は各方向気乾収縮, Fig. 19, 20 は各方向平均収縮の場合について, また, Fig. 21 は容積全収縮の場合について, それぞれ心材・辺材べつに求めたものである。

これらによれば, 各種収縮率は, それらを比収縮率に換算しても, なお樹種によって著しい差異があることがわかる。それらの樹種の順位は, 比収縮率の種類や辺・心材のべつについて, かならずしも対応的

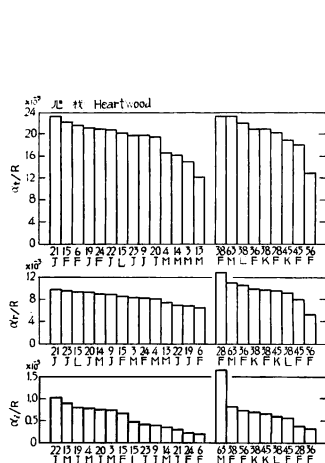


Fig. 15 比収縮率 (全収縮 α/R) の樹種べつ比較—心材—
Comparison of average shrinkage per unit bulk density when green to oven dry (α/R) on each tree species—heartwood—

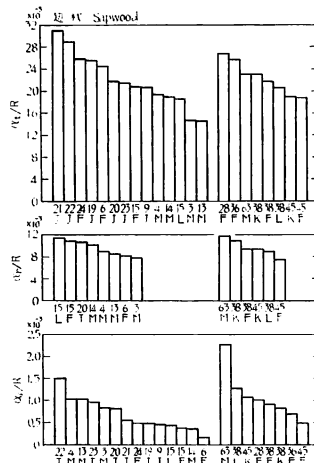


Fig. 16 比収縮率 (全収縮 α/R) の樹種べつ比較—辺材—
Comparison of average shrinkage per unit bulk density when green to oven dry (α/R) on each tree species—sapwood—

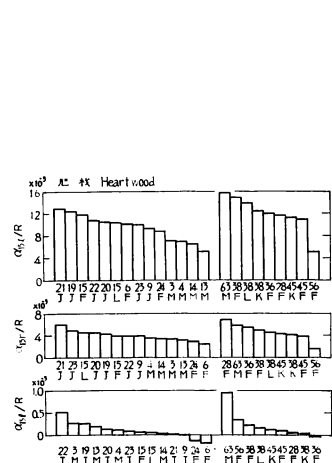


Fig. 17 比収縮率 (気乾収縮 α_{15}/R) の樹種べつ比較—心材—
Comparison of average shrinkage per unit bulk density when green to air dry (α_{15}/R) on each tree species—heartwood—

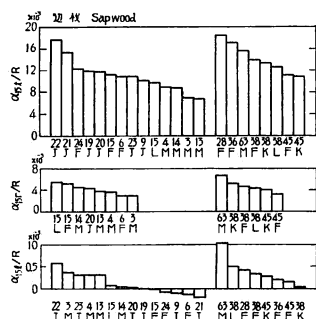


Fig. 18 比収縮率 (気乾収縮 α_{15}/R) の樹種べつ比較—辺材—
Comparison of average shrinkage per unit bulk density when green to air dry (α_{15}/R) on each tree species—sawwood—

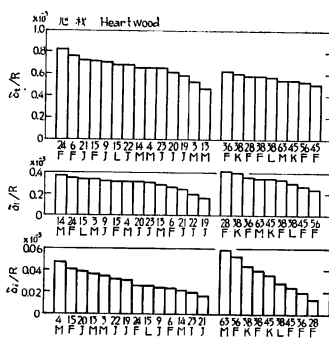


Fig. 19 比収縮率 (平均収縮 δ/R) の樹種べつ比較—心材—
Comparison of average unit shrinkage per unit bulk density when air dry to oven dry (δ/R) on each tree species—heartwood—

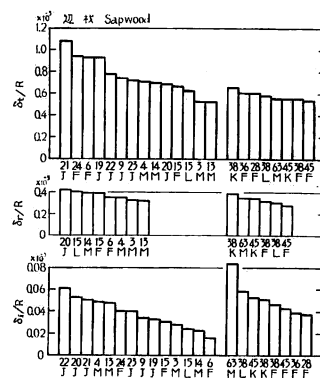


Fig. 20 比収縮率 (平均収縮 δ/R) の樹種べつ比較—辺材—
Comparison of average unit shrinkage per unit bulk density when air dry to oven dry (δ/R) on each tree species—sawwood—

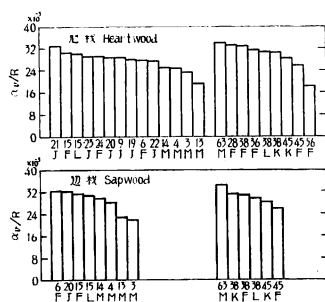


Fig. 21 比収縮率 (容積全収縮 α_v/R) の樹種べつ比較
Comparison of average volumetric shrinkage per unit bulk density when green to oven dry (α_v/R) on each tree species.

ではなく、また、これらの図は、さきに示した収縮率の樹種べつ比較の図 (Fig. 1~6) と同樹種に対応していない。これは、材の容積重が比較的小さい割りに収縮率が比較的大きいものと、その反対の関係のものとが、樹種特性として混在するためである。したがって、容積重を同一に考えた場合の収縮率は樹種によってこれほどの差異を示すことになる。

そこで前項同様、各方向の各種比収縮率を大まかに 4 段階に区分して、仮りの評価を試みると Table 3 のようになる。この評価基準のもつ意味については、さきの収縮率の場合とおなじである。これから、全収縮の場合における比収縮率の大きさについて樹種的位置づけを概観すると、大体つぎのようにいえる。

横断面方向全収縮 (α_t , α_r) については、

容積重の割りに収縮率がとくに大きい材、または比較的大きい樹

種として、サワラ、ネズコ (S), オニグルミ

容積重の割りに収縮率が比較的大きい材、または普通の大きさの樹種として、アオモリトドマツ、ツガ、アカマツ、コウヤマキ、ヒノキ、ヒノキアスナロ、クリ、ブナ、ヒメシャラ

容積重の割りに収縮率が普通の大きさか、または比較的小さい樹種として、イヌマキ、モミ、カラマツ、トガサワラ、ネズコ (H), アスナロ、ミズナラ、イヌエンジュ
などがあげられる。

これらの評価は、前述した収縮率の大きさそのものの樹種べつ評価の結果と著しく対応的でない。たとえば、ミズナラなどは、収縮率そのものは比較的大きい部類に属するが、容積重の割りにすれば、普通か比較的小さい部類に属することになる。このような傾向は樹種特性のひとつとしてみとめなければならぬだろう。全体としては、比収縮率は、容積重の小さい樹種において相対的に大きく、容積重の大

Table 3. 比収縮率の樹種べつ評価
Classification of shrinkage per unit bulk density on each tree species

樹 種 Tree species		接線方向 Tangential direction			半径方向 Radial direction			繊維方向 Axial direction			容 積 Volume
		α_t/R	α_{1st}/R	δ_t/R	α_r/R	α_{1sr}/R	δ_r/R	α_l/R	α_{1sl}/R	δ_l/R	α_v/R
イヌマキ	3MH	D	D	D	C	D	C	C	C	C	D
	3MS	D	D	D	D	D	D	B	B	D	D
モミ	4MH	D	D	C	C	D	C	C	C	B	D
	4MS	C	C	B	C	D	C	B	B	B	C
アオモリトドマツ	6FH	C	C	B	D	D	D	D	D	D	C
	6FS	B	C	A	C	D	C	D	D	D	A
カラマツ	9JH	C	C	B	C	C	C	C	D	D	C
	9JS	C	C	B	—	—	—	C	D	C	—
トガサワラ	13MH	D	D	D	D	D	D	B	C	C	D
	13MS	D	D	D	C	D	C	B	B	B	D
ツガ	14MH	D	D	C	C	D	B	D	D	D	D
	14MS	C	C	C	B	C	B	D	D	D	B
アカマツ	15FH	B	B	B	C	C	B	C	D	D	B
	15FS	C	B	C	B	C	B	C	D	D	B
コウヤマキ	15LH	C	C	C	C	B	C	C	D	D	B
	15LS	C	C	C	B	C	B	C	D	D	C
ヒノキ	19JH	C	B	D	D	D	D	C	C	C	C
	19JS	B	B	A	—	—	—	C	D	C	—
サワラ	20JH	C	C	C	C	C	C	C	C	C	A
	20JS	C	B	C	B	C	A	B	D	A	A
ネズコ	21JH	B	B	B	C	B	—	D	D	D	A
	21JS	A	A	A	—	—	—	C	B	A	—
アスナロ	22JH	C	C	C	D	C	D	B	A	A	C
	22JS	A	A	B	—	—	—	A	A	A	—
ヒノキアスナロ	23JH	C	C	C	C	C	—	C	B	D	C
	23JS	C	C	B	—	—	—	C	B	D	—
オニグルミ	24FH	C	C	A	C	D	—	D	D	D	B
	24FS	B	B	A	—	—	—	C	D	C	—
クナ	28FH	C	B	D	A	A	A	D	D	D	A
	28FS	A	A	C	—	—	—	B	B	C	—
ブナ	36FH	C	B	C	B	B	B	D	D	C	B
	36FS	B	A	C	—	—	—	C	C	C	—
ミズナラ	38FH	B	A	D	C	C	C	B	C	C	A
	38FS	C	B	D	C	C	C	B	B	B	B
イヌエンジュ	38KH	C	B	C	C	C	B	C	D	D	B
	38KS	B	B	C	B	B	B	C	D	A	B
ヒメシヤラ	38LH	C	B	D	C	C	C	C	A	A	B
	38LS	C	B	D	C	C	C	A	A	A	B
ヒメシヤラ	45FH	C	B	D	D	D	D	C	C	D	C
	45FS	C	B	D	D	D	D	C	C	B	C
ヒメシヤラ	45KH	C	B	D	C	C	C	C	C	C	C
	45KS	C	C	D	C	C	C	B	C	A	C
ヒメシヤラ	56FH	D	D	D	D	D	D	C	B	A	D
	63MH	B	A	D	B	B	B	A	A	A	A
ヒメシヤラ	63MS	B	A	D	B	A	B	A	A	A	A

(注, Note) H:心材 Heartwood, S:辺材 Sapwood

評価 Classification; A:とくに大 Very high, B:大 High,

C:普通 Moderate, D:小 Low class.

 $\times 10^{-3}$

Class	D	C	B	A	Class	D	C	B	A
α_t/R	~18	~22	~26	26~	δ_t/R	~0.6	~0.7	~0.8	0.8~
α_r/R	~8	~10	~12	12~	δ_r/R	~0.30	~0.35	~0.40	0.40~
α_l/R	~0.4	~0.8	~1.2	1.2~	δ_l/R	~0.03	~0.04	~0.05	0.05~
α_{1st}/R	~8	~11	~14	14~	α_v/R	~26	~29	~32	32~
α_{1sr}/R	~4	~5	~6	6~					
α_{1sl}/R	~0.1	~0.3	~0.5	0.5~					

きい樹種において相対的により小さく与えられる傾向があるように思われる。

繊維方向全収縮 (α_l) については、

容積重の割りに収縮率がとくに大きいか、または比較的大きい樹種として、ネズコ、ヒメシャラ

容積重の割りに収縮率が比較的大きいか、または普通の大きさの樹種として、イヌマキ、モミ、トガサワラ、ヒノキ、アスナロ、オニグルミ、ブナ、ミズナラ

容積重の割りに収縮率が普通の大きさか、または比較的小さい樹種として、アオモリトドマツ、カラマツ、ツガ、アカマツ、コウヤマキ、サワラ、ヒノキアスナロ、クリ、イヌエンジュなどがあげられる。

容積全収縮 (α_v) における比収縮率の樹種べつ評価としては、

とくに大きい樹種として、アオモリトドマツ (S)、ヒノキ (S)、サワラ (H)、オニグルミ (H)、ブナ (38FH)、ヒメシャラ

大きい樹種として、ツガ (S)、アカマツ、アスナロ (H)、ヒノキアスナロ (H)、クリ (H)、ブナ (38FS, 38K, 38L)

普通の大きさの樹種として、モミ (S)、アオモリトドマツ (H)、カラマツ (H)、コウヤマキ (H)、ヒノキ (H)、ネズコ (H)、ミズナラ (45F, 45K)

小さい樹種として、イヌマキ、モミ (H)、トガサワラ、ツガ (H)、イヌエンジュ (H) などがあげられる。

これらの類別は、 α_v と R との関係における直線の勾配として、その物理的意味を追求する試みもあるところから、収縮に関する樹種特性値としての評価の意義がある。

(4) 心材 と 辺材

心材と辺材とは、その収縮量に差異があるとする報告がある¹⁾²⁾⁸⁾。ここでは、その差異を確かめるために、各方向における全収縮率およびその比収縮率について両材部の差を求めた。Fig. 22 は、これを樹種べつに対応させて棒グラフで示したものである。この場合、辺材>心材をプラス、辺材<心材をマイナスとして、全収縮率での差の大きい順に樹種をならべてある。

これらによれば、収縮率は樹種によって辺材においてより大きく与えられる場合もあり、そうでない場合もあって、かなり区々である。しかし、収縮率自体の大きさと単位容積重量あたりの収縮率の大きさとの方を考慮にいれて、全体としてみれば、針葉樹材では横断面方向全収縮について、辺材においてより大きい

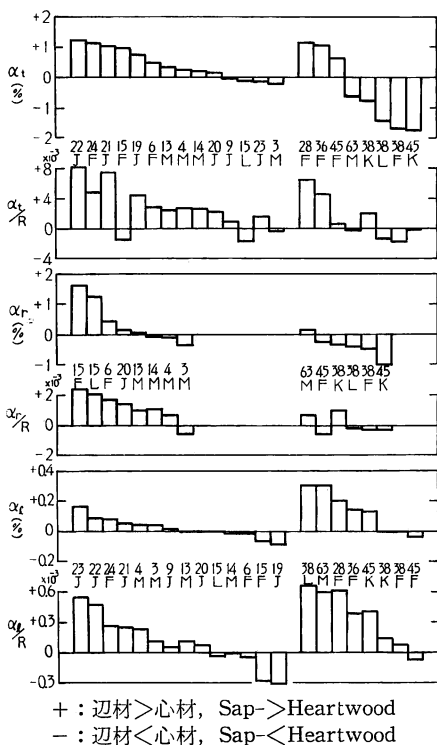


Fig. 22 全収縮率 (α) および比収縮率 (α/R) の辺材・心材間差の樹種べつ比較—3方向—
Comparison of differences in α and α/R between sap- and heartwood on each tree species —three directions—

か、または辺・心材はほぼ近似的に示される傾向がつよく現われている。これに対して、広葉樹材では、接線方向全収縮については、辺材においてより大きいものと、心材においてより大きいものとが相半ばし、また、半径方向全収縮については、心材においてより大きいか、または辺・心材はほぼ近似的に示される傾向がみられる。また、繊維方向全収縮については、針葉樹材、広葉樹材とも、若干の樹種を除いて、辺材においてより大きく与えられる傾向がみとめられる。

Fig. 23 は、前図と同様に、容積全収縮の場合の辺・心材間差を示したものである。これによると、若干の樹種を除いて、辺・心材近似的な樹種を考慮にいれれば、総体的には、針葉樹材では辺材においてより大きく、広葉樹材では心材においてより大きく与えられる傾向のつよいことがみとめられる。

しかし、ここにえられている試料は、辺材と心材とを対照できるものが半径方向および容積収縮については限られているため、全体としての判断はあるいは尚早かもしれない。この試料の限りでは、各種全収縮について、針葉樹材においては辺材でより大きく現われる樹種が多数を占め、広葉樹材においては樹種によって区々となるだろうと考えられるが、概括的評価は今後の結果にまきたい。

なお、辺材と心材との収縮性能のちがいについては、種々の原因機構があげられると思うが、ここではその言及をさける。

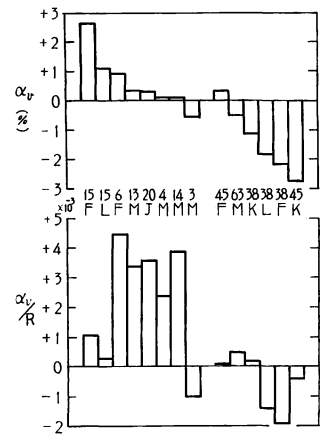
(5) 気乾収縮と全収縮

前の項で収縮率の樹種べつ評価を試みたさいに、気乾までの収縮と全収縮とで評価が異なることをみとめた。これは、生材から全乾にいたる収縮過程が、樹種によって特性的差異をもつためである。そこで、全収縮中に占める気乾収縮の割合を、樹種べつ、辺・心材べつ、3軸方向べつ（接線方向 α_{15t}/α_t 、半径方向 α_{15r}/α_r 、繊維方向 α_{15l}/α_l ）に求めて、Table 4 に示す。

これから明かなように、 α_{15t}/α_t は最大オニグルミ辺材の 69% から最小イヌエンジュ心材の 40%、 α_{15r}/α_r は最大コウヤマキ心材の 62% から最小イヌエンジュ心材の 31%、また、 α_{15l}/α_l は最大ヒメシャラ心材の 58% から最小アオモリトドマツ心材の -100% まであり、その度合は樹種によって区々である。

α_{15t}/α_t が 50% 以上に達するものは、針葉樹材ではアカマツ、コウヤマキ、ヒノキ、サワラ、ネズコ、アスナロなどであり、広葉樹材ではイヌエンジュを除いた全樹種となっている。 α_{15r}/α_r が 50% 以上を占めるものは α_{15t}/α_t の場合よりも少なく、針葉樹材ではコウヤマキ、サワラ、ネズコ、アスナロ、広葉樹材ではオニグルミ、クリ、ヒメシャラなどにとどまっている。若干の樹種を除けば、全体としては、 α_{15t}/α_t は α_{15r}/α_r よりもつねに大きく現われる傾向がある。これは接線方向と半径方向との収縮曲線における一般的特性であろう。

α_{15l}/α_l は繊維方向収縮の特性から α_{15t}/α_t あるいは α_{15r}/α_r にくらべて著しく小さく、50% をこえるものはネズコ、ヒメシャラなどにすぎず、気乾時にいたってもなおマイナスの収縮を残すものも少なく



+ : 辺材 > 心材,
Sap > Heartwood
- : 辺材 < 心材,
Sap < Heartwood

Fig. 23 全収縮率 (α_v) および比収縮率 (α_v/R) の辺材・心材間差の樹種べつ比較—容積収縮—
Comparison of differences in α_v and α_v/R between sap and heartwood on each tree species —volumetric shrinkage—

Table 4. 全収縮にせめる気乾収縮の割合 (%)
Ratio of shrinkage when green to air dry (α_{15}) to that
when green to oven dry (α) in three directions (%)

樹 種 Tree species		心 材 Heartwood			辺 材 Sapwood		
		α_{15t}/α_t	α_{15r}/α_r	α_{15l}/α_l	α_{15t}/α_t	α_{15r}/α_r	α_{15l}/α_l
イヌマキ	3 M	48	40	37	48	39	45
モミ	4 M	43	44	17	46	41	30
アオモリトドマツ	6 F	48	40	-100	44	36	-80
カラマツ	9 J	48	45	6	48	—	-20
トガサワラ	13 M	44	43	22	47	45	31
ツガ	14 M	41	39	12	46	45	14
アカマツ	15 F	54	46	13	54	47	-6
カマツ	15 L	51	48	15	52	48	20
コウヤマキ	19 J	59	62	33	47	—	0
ヒノキ	20 J	54	49	20	54	41	4
サワラ	21 J	55	61	11	50	—	-36
ネズコ	22 J	52	57	52	61	—	38
アスナロ	23 J	51	52	27	51	—	32
ヒノキアスナロ	24 F	43	36	-31	48	—	-19
オニグルミ	28 F	58	53	12	69	—	41
クナ	36 F	57	51	-7	67	—	29
ブナ	38 F	64	48	33	64	50	31
ミズナラ	38 K	59	42	5	58	48	5
ミズナラ	38 L	63	50	29	61	49	39
イヌエンジュ	45 F	61	49	23	59	45	31
ヒメシャラ	45 K	59	46	21	58	45	25
	56 F	40	31	49	—	—	—
	63 M	68	54	58	67	58	46

(注, Note) α_{15t}/α_t : 接線方向における割合

Ratio in tangential direction.

 α_{15r}/α_r : 半径方向における割合

Ratio in radial direction.

 α_{15l}/α_l : 繊維方向における割合

Ratio in axial direction.

Table 5. 横断面収縮異方度 (全収縮 α_t/α_r , 気乾収縮 $\alpha_{15t}/\alpha_{15r}$, 平均収縮 δ_t/δ_r)

Transverse shrinkage anisotropies when green to oven dry (α_t/α_r),
green to air dry ($\alpha_{15t}/\alpha_{15r}$) and air dry to oven dry (δ_t/δ_r)

樹 種 Tree species		心 材 Heartwood			辺 材 Sapwood		
		α_t/α_r	$\alpha_{15t}/\alpha_{15r}$	δ_t/δ_r	α_t/α_r	$\alpha_{15t}/\alpha_{15r}$	δ_t/δ_r
イヌマキ	3 M	1.78	2.14	1.55	1.89	2.32	1.65
モミ	4 M	2.02	1.99	2.10	2.18	2.43	2.03
アオモリトドマツ	6 F	3.33	3.99	2.86	2.98	3.65	2.66
カラマツ	9 J	2.23	2.39	2.17	—	—	—
トガサワラ	13 M	1.63	1.68	1.60	1.72	1.79	1.66
ツガ	14 M	1.80	1.87	1.79	1.88	1.94	1.82
アカマツ	15 F	2.66	3.14	2.21	1.90	2.16	1.71
カマツ	15 L	2.14	2.27	2.03	1.60	1.74	1.56
コウヤマキ	19 J	3.05	2.90	3.45	—	—	—
ヒノキ	20 J	2.09	2.32	1.93	2.25	2.36	2.22
サワラ	21 J	2.39	2.15	2.85	—	—	—
ネズコ	22 J	2.97	2.69	3.43	—	—	—
アスナロ	23 J	2.06	2.03	2.14	—	—	—
ヒノキアスナロ	24 F	2.52	2.98	2.35	—	—	—
オニグルミ	28 F	1.55	1.73	1.41	—	—	—
クナ	36 F	1.96	2.19	1.75	—	—	—
ブナ	38 F	2.42	3.28	1.74	2.30	2.97	1.72
ミズナラ	38 K	2.12	2.95	1.53	2.10	3.54	1.70
ミズナラ	38 L	2.40	3.03	1.87	2.29	2.81	1.84
イヌエンジュ	45 F	2.24	2.84	1.80	2.55	3.36	1.97
ヒメシャラ	45 K	1.99	2.58	1.55	2.04	2.64	1.62
	56 F	2.49	3.15	2.19	—	—	—
	63 M	2.11	2.66	1.56	1.97	2.28	1.61

ない。

辺材と心材とによるこれらの値の差異は、3軸方向とも樹種によって正負区々で一定の傾向はみとめがたい。

針葉樹材、広葉樹材べつに、辺・心材をふくめて機械的に算術平均値を求めてみると、針葉樹材では、 α_{15t}/α_t : 50%, α_{15r}/α_r : 46%, α_{15t}/α_t : 7%となり、また、広葉樹材では、 α_{15t}/α_t : 61%, α_{15r}/α_r : 48%, α_{15t}/α_t : 28%となって、いずれの方向においても、針葉樹材よりも広葉樹材において、気乾収縮の全収縮中に占める割合が平均的に高いことがみとめられる。

生材から気乾までの収縮に関するこれらの数値は、さきに確かめた気乾までの収縮率、比収縮率の絶対値とともに、樹種による収縮特性の数値的表現のひとつとして、実用的にも意味あるものである。

(6) 横断面収縮異方性

収縮異方性は木材のもつ材料的特徴のひとつであるが、各試料樹種について、心材、辺材べつに、全収縮、生材から気乾までの収縮、および気乾から全乾までの収縮における横断面収縮異方度 (α_t/α_r , $\alpha_{15t}/\alpha_{15r}$ および δ_t/δ_r) を、代表値から算出して Table 5 に示す。

$\alpha_{15t}/\alpha_{15r}$ と δ_t/δ_r との値は、接線方向と半径方向の樹種べつ収縮特性曲線の部分的組合せによって決まる値であり、 α_t/α_r の値はそれらの総体であるから、当然、樹種によって区々である。全体的にみれば、 $\alpha_{15t}/\alpha_{15r}$ の値は、 δ_t/δ_r の値よりも大きく与えられる傾向がつよいが、モミ、コウヤマキ、サワラ、ネズコ、アスナロの心材のみは $\delta_t/\delta_r > \alpha_{15t}/\alpha_{15r}$ となっている。また、 $\alpha_{15t}/\alpha_{15r}$ と δ_t/δ_r との差は、樹種によってきわめて大きいものもあれば小さいものもあって、一定ではない。

また、各異方度の辺・心材間差は Fig. 24 のようであって、その大小関係は樹種によって相半ばし、一定の傾向はみとめられない。

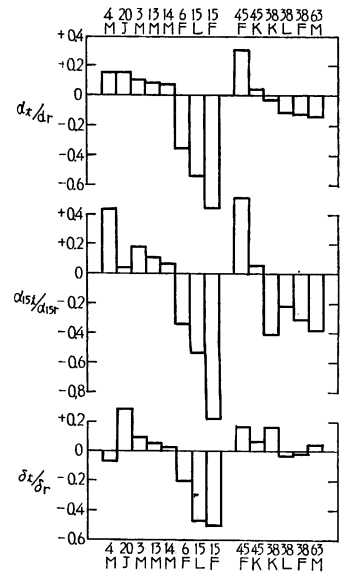
そこで、樹種べつの横断面収縮異方度を評価するために、仮りに大きく4段階に区分して作表すると Table 6 のようになる。これによれば、樹種による全収縮における横断面異方度の評価は大ざっぱには次のようになる。

とくに大きい樹種として、アオモリトドマツ (H), コウヤマキ (H)

大きい樹種として、アオモリトドマツ (S), アカマツ (15FH), ネズコ (H), ヒノキアスナロ (H), ブナ (38FH), ミズナラ (45FS), イヌエンジュ (H)

普通の大きさの樹種として、イヌマキ (S), モミ, カラマツ (H), ツガ (S), アカマツ (15FS, 15LH), ヒノキ, サワラ (H), アスナロ (H), クリ (H), ブナ (38FS, 38K, 38L), ミズナラ (45FH, 45K), ヒメシャラ

小さい樹種として、イヌマキ (H), トガサワラ, ツガ (H), アカマツ (15LS), オニグルミ (H)



+ : 辺材 > 心材,

Sap > Heartwood

- : 辺材 < 心材,

Sap < Heartwood

Fig. 24 横断面収縮異方度 (α_t/α_r , $\alpha_{15t}/\alpha_{15r}$, δ_t/δ_r) の辺・心材間差の樹種べつ比較

Comparison of differences in α_t/α_r , $\alpha_{15t}/\alpha_{15r}$ and δ_t/δ_r between sap- and heartwood on each tree species.

Table 6. 横断面収縮異方度の樹種べつ評価
Classification of transverse shrinkage
anisotropies on each tree species

樹 種 Tree species		心 材 Heartwood			辺 材 Sapwood		
		α_t/α_r	$\alpha_{15t}/\alpha_{15r}$	δ_t/δ_r	α_t/α_r	$\alpha_{15t}/\alpha_{15r}$	δ_t/δ_r
イヌマキ	3 M	D	C	D	C	C	D
モミ	4 M	C	C	C	C	B	C
アカモリ	6 F	A	A	B	B	A	B
カラマツ	9 J	C	C	C	—	—	—
トガサワラ	13 M	D	D	D	D	D	D
ツガ	14 M	D	C	D	C	C	C
アカマツ	15 F	B	A	C	C	C	D
カマツ	15 L	C	C	C	D	D	D
コヤマキ	19 J	A	B	A	—	—	—
ヒノキ	20 J	C	C	C	C	C	C
サノヲ	21 J	C	C	B	—	—	—
スズナ	22 J	B	B	A	—	—	—
アスナロ	23 J	C	C	C	—	—	—
ヒノキ	24 F	B	B	C	—	—	—
オニグルミ	28 F	D	D	D	—	—	—
クナ	36 F	C	C	D	—	—	—
ブナ	38 F	B	A	D	C	B	D
ミズナラ	38 K	C	B	D	C	B	D
ミズナラ	38 L	C	A	C	C	B	C
ミズナラ	45 F	C	B	D	C	A	C
ミズナラ	45 K	C	B	D	C	B	C
イヌエンジュ	56 F	B	A	C	—	—	—
ヒメシャラ	63 M	C	B	D	C	C	D

(注, Note) 評価 Classification; A : とくに大 Very high, B : 大 High,
C : 普通 Moderate, D : 小 Low class.

Class	D	C	B	A
Transverse anisotropy	~ 1.8	~ 2.4	~ 3.0	3.0 ~

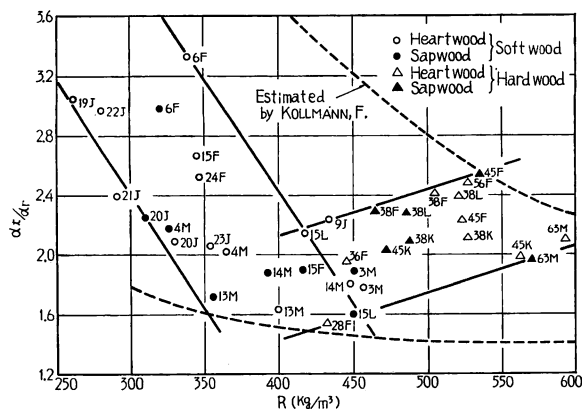


Fig. 25 容積密度数 (R) と横断面全収縮異方度 (α_t/α_r) との関係

Relation between bulk density (R) and transverse shrinkage anisotropy when green to oven dry (α_t/α_r).

つぎに、樹種間における横断面収縮異方度と容積重との関係についてふれておく。

Fig. 25 は全収縮における横断面収縮異方度 α_t/α_r と容積密度数 R との関係を示したものである。これによると、 α_t/α_r の樹種べつ代表値は、かなりのバラツキの幅をもちつつも、 $R=400\sim 450$ kg/m^3 くらいまでは R の増加に対して減少し、この範囲をこえると、 R の増加に対してやや増加の傾向を帯びて推移する。全体としては、F. KOLLMANN が提示した変動範囲⁶⁾ 内にバラツいている。

この限界 R の値は、本試料では、ほぼ

針葉樹材と広葉樹材との境界にあたっている。したがって、樹種内での α_t/α_r-R 関係はべつとして、

樹種間にあつては、 α_t/α_r-R 関係は、容積重範囲もしくは針・広葉樹材によって、異なった傾向をもつものと考えなければならぬ。

この傾向は、生材から気乾までの収縮および気乾から全乾までの収縮における異方度と R との関係を見ると、さらに明りようである。Fig. 26 および 27 に、 $\alpha_{15t}/\alpha_{15r}-R$ 関係および δ_t/δ_r-R 関係を示す。

両図から明らかなように、 R の一定範囲をこえると、 R の増加にともなつて、 $\alpha_{15t}/\alpha_{15r}$ はかなり急激な上昇傾向を示し、一方、 δ_t/δ_r はほぼ一定範囲で推移する傾向を示す。したがって、生材から気乾までの収縮における横断面異方度は、容積密度数の小さい樹種と大きい樹種とでともに大きく、容積密度数 400 kg/m^3 前後の樹種で最小になる可能性があることになる。また、気乾から全乾にいたる収縮における横断面異方度は、容積密度数の小さい樹種ほど大きく、容積密度数 400 kg/m^3 以上の樹種ではほとんど変化が期待されない可能性があることになる。

しかしながら、木材の収縮変形は、その容積重依存性のみでは割り切れない因子があるから、以上の観察がより多くの試料樹種についてもあてはまるかどうかはわからない。このことについては、つぎの報告でひきつづき検討を加える。

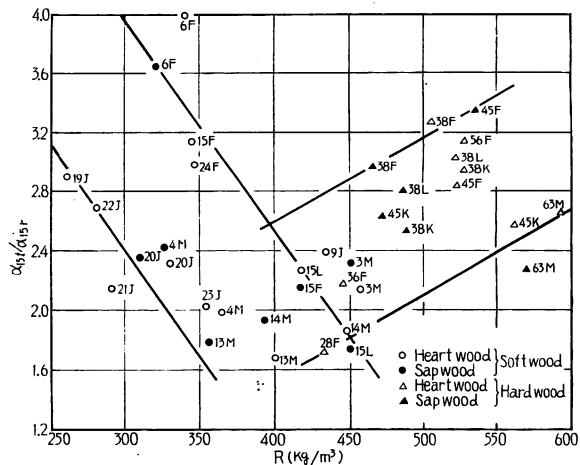


Fig. 26 容積密度数 (R) と横断面気乾収縮異方度 ($\alpha_{15t}/\alpha_{15r}$) との関係
Relation between bulk density (R) and transverse shrinkage anisotropy when green to air dry ($\alpha_{15t}/\alpha_{15r}$).

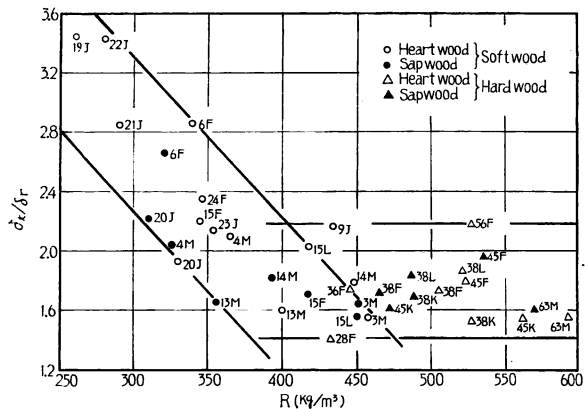


Fig. 27 容積密度数 (R) と横断面平均収縮異方度 (δ_t/δ_r) との関係
Relation between bulk density (R) and transverse shrinkage anisotropy when air dry to oven dry (δ_t/δ_r).

4. 要 約

日本産主要樹種の性質に関する試験の一環として実施中の、収縮性能試験について、その一部をとりまとめて記載した。ここに報告した試料は、東北・中部・中国および四国地方産材19樹種、23種類である。ただし、イチイ、トウヒ、ヒメコマツおよびスギの4樹種については続報にゆずつてある。これら供試材に関する記載は Table 1 のとおりであるが、詳細は前報を参照されたい。測定は原則として JIS Z-1957 木材の収縮率測定方法に準拠し、全収縮率、気乾までの収縮率および平均収縮率を求めた (1~4 式)。ま

た、これらの測定値から、若干の収縮性能に関する指標をあわせて算出して検討を加えた。記載内容はつぎのとおりである。

1. 測定値を総括して一覧表として掲げた（付表）。
2. 樹種による収縮量の差異を検討し、試料樹種についてその大きさの評価を与えた（Fig. 1～6, Table 2）。
3. 樹種間における収縮率と容積重との関係をしらべ、生材から気乾までの収縮と、気乾から全乾までの収縮とを、区別して考える必要性を確かめた（Fig. 7～14）。
4. 樹種による比収縮率の差異を検討し、試料樹種について単位容積重量あたりの収縮率の評価を試みた（Fig. 15～21, Table 3）。
5. 辺材と心材とによる収縮率のあらわれかたの差異を確かめた（Fig. 22, 23）。
6. 全収縮中に占める気乾までの収縮の割合をしらべ、そのあらわれかたと樹種の特徴を抽出した（Table 4）。
7. 樹種による横断面収縮異方度の差異を確かめ、試料樹種について異方度の評価を与えた（Fig. 24, Table 5, 6）。
8. 樹種間における横断面収縮異方度と容積重との関係をしらべ、気乾までの収縮および気乾から全乾までの収縮における異方度が、容積密度数 $400\sim 450\text{kg/m}^3$ を境として、それぞれ特徴ある変化を示すことを確かめた（Fig. 25～27）。

文 献

- 1) 蕪木自輔：木材材質の森林生物学的研究（第13報）北海道野幌地方における造林木の容積収縮率のあらわれかた，林試研報，90，pp. 109～144，（1956）
- 2) 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，林試研報，144，pp. 53～96，（1962）
- 3) 蕪木自輔：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，林試研報，163，pp. 1～34，（1964）
- 4) 蕪木自輔・葉石猛夫・中野達夫：日本産主要樹種の性質，物理的性質（第1報）東北・中部・中国および四国地方産材の吸湿性試験，林試研報，216，pp. 1～47，（1968）
- 5) 蕪木自輔・中野達夫・葉石猛夫：日本産主要樹種の性質，物理的性質（第2報）東北・中部・中国および四国地方産材の吸水量測定，林試研報，216，pp. 49～73，（1968）
- 6) KOLLMANN, F.: Technologie des Holzes und Holzwerkstoffe, Erster Band, Zweite Auflage, Springer-Verlag, Berlin, p. 419, (1951)
- 7) 上村 武・梅原 誠：日本産主要樹種の性質，試験計画，林試研報，153，pp. 2～14，（1963）

The Properties of Important Japanese Woods**Physical Properties (III)****On the shrinking properties of woods grown in Tôhoku,****Chûbu, Chûgoku and Shikoku districts**Jisuke KABURAGI⁽¹⁾, Tatsuo NAKANO⁽²⁾ and Takeo HAISHI⁽³⁾**(Résumé)**

In this report, we have made an investigation on the shrinking properties of wood grown in Tôhoku, Chûbu, Chûgoku districts (North-East, Central, Western regions of Honshû Island) and Shikoku district (Shikoku Island) in Japan, as part of the program of the study on the properties of important Japanese woods, which has been undertaken by the Wood Technology Division of the Government Forest Experiment Station in order to gain information that will be applicable to the practices to enhance the value of wood products.

The sample trees tested in this report consisted of nineteen species; other important Japanese woods will be presented in the near future. The general description of the sample trees or specimens studied are as shown in Table 1 and the previous reports in detail.

The testing methods were in accordance with the Japanese Industrial Standards: JIS Z 2103, and the shrinkage values from green to oven-dry, from green to air-dry (moisture contents: 15%) and shrinkage values per unit moisture contents when air-dry to oven-dry, on tangential, radial and axial directions of the specimens were measured. And then, from these data, several indexes for the shrinking properties of wood were calculated and analyzed.

The main contents in the present paper were as follows:

- 1) The results of the present measurements are summarized in a table given as an appendix, from which the following items are selected.
- 2) The differences of the shrinkage values depending on the tree species were described, and the sample wood species were classified for their shrinking degrees (Figs. 1 to 6 and Table 2).
- 3) The relationships between the bulk density and shrinkage value were observed, and it was confirmed that a distinction must be made between the shrinkage from green to air-dry and the shrinkage from air-dry to oven-dry (Figs. 7 to 14).
- 4) The differences of the shrinkage per unit bulk density depending on the tree species were described, and the sample wood species were classified for their grades (Figs. 15 to 21 and Table 3).
- 5) The differences of the shrinking degrees between the heart- and sapwood were observed (Figs. 22 and 23).
- 6) The ratios of shrinkage when green to air-dry to that when green to oven-dry in the three directions of wood were investigated and their characteristic appearances depending on the tree species were described (Table 4).
- 7) The differences of the transverse shrinkage anisotropies depending on the tree species were studied, and their degrees were estimated on each sample wood species (Fig. 24, Tables 5 and 6).
- 8) The relationships between the bulk density and the transverse shrinkage anisotropies were described, and it was noticed that there was a characteristic region of bulk density in these relations both when green to air-dry and when air-dry to oven-dry (Figs. 25 to 27).

Received October 18, 1968

(1) Formerly: Wood Physics Unit, Wood Material Section, Wood Technology Division,
Presently: Tokyo University of Agriculture and Technology. Dr.

(2) (3) Wood Physics Unit, Wood Material Section, Wood Technology Division.

付 表: 東北, 中部, 中国, 四国

Appendix : Shrinkage values of woods grown in the Tôhoku,

(注, Note)

1. 本表は JIS Z 2103-57 による測定結果である。 This table shows the results basing on
2. 収縮率および容積重の記号はつぎのものを意味する。 Signs of shrinkage and density
 δ : 含水率 1% あたりの平均収縮率 (%) Shrinkage percent per unit moisture content when air dry (15% moisture content) to oven dry (%).
 α_{15} : 生材から気乾までの収縮率 (%) Shrinkage percent from green to air dry (%).
 α : 生材から全乾までの全収縮率 (%) Shrinkage percent from green to oven dry (%).
 t : 接線方向 Tangential direction.
 r : 半径方向 Radial direction.
3. 代表値の記号はつぎのものを意味する。 Signs of representative values show as follows:
 n : 試験片数 Number of measurements.
 $\bar{x}$: 算術平均値 Average.
 σ : 標準偏差 Standard deviation.

樹 種 Tree species	心 材 または 辺 材 Heartwood or sapwood	代 表 値 Repre- sentative values	収 縮 率 Shrinkage				
			δ			α_{15}	
			t	r	l	t	r
5 M イヌマキ INUMAKI <i>Podocarpus macrophyllus</i> D. DON	心 材 Heartwood	n	6	6	8	6	6
		$\bar{x}$	0.243	0.157	0.015	3.31	1.55
		σ	0.018	0.018	0.005	0.27	0.16
		V	7.3	11.2	35.7	8.1	10.6
		l_1	0.263	0.175	0.020	3.59	1.73
		l_2	0.223	0.139	0.010	3.02	1.37
	辺 材 Sapwood	n	6	6	8	6	6
		$\bar{x}$	0.240	0.145	0.013	3.18	1.37
		σ	0.014	0.019	0.006	0.25	0.14
		V	5.9	12.9	50.6	7.9	10.4
4 M モミ MOMI <i>Abies firma</i> SIEBOLD et ZUCCARINI	心 材 Heartwood	n	6	6	7	6	6
		$\bar{x}$	0.242	0.115	0.017	2.60	1.31
		σ	0.083	0.041	0.005	1.03	0.50
		V	34.4	35.5	28.7	39.5	38.0
		l_1	0.329	0.158	0.022	3.68	1.83
		l_2	0.154	0.071	0.013	1.52	0.78
	辺 材 Sapwood	n	6	6	7	6	6
		$\bar{x}$	0.233	0.115	0.016	2.91	1.20
		σ	0.021	0.011	0.005	0.45	0.13
		V	8.9	9.1	33.1	15.4	11.1
6 F アオモリトドマツ AOMORI TODOMATSU <i>Abies Mariesii</i> MASTERS	心 材 Heartwood	n	6	6	6	6	6
		$\bar{x}$	0.263	0.092	0.008	3.51	0.88
		σ	0.025	0.034	0.004	0.20	0.25
		V	9.5	37.4	49.0	6.7	28.5
		l_1	0.290	0.128	0.013	3.72	1.15
		l_2	0.237	0.055	0.004	3.29	0.61
	辺 材 Sapwood	n	6	6	6	6	6
		$\bar{x}$	0.300	0.113	0.005	3.47	0.95
		σ	0.075	0.023	0.005	0.44	0.24
		V	24.9	19.9	109.5	12.7	24.8
		l_1	0.379	0.137	0.014	3.93	1.20
		l_2	0.221	0.089	— 0.004	3.00	0.70

地方産材の収縮率一覧表

Chûbu, Chûgoku and Shikoku districts in Japan

JIS (Japanese Industrial Standard) Z 2103-57 method.

show as follows:

 l : 繊維方向 Axial direction. R : 容積密度数 (kg/m^3) Bulk density (kg/m^3). r_0 : 全乾容積重 (g/cm^3) Apparent specific gravity in oven dry (g/cm^3). r_{15} : 含水率15%時に換算した気乾容積重 (g/cm^3) Apparent specific gravity in air dry (15% moisture content) (g/cm^3). V : 変動係数 Coefficient of variation. l_1 : 95%信頼区間の上限值 Upper limit of 95% confidence interval. l_2 : 95%信頼区間の下限値 Lower limit of 95% confidence interval.

(%)				容 積 重 Density			年 輪 (mm) Annual ring	
α				R kg/m^3	r_0 g/cm^3	r_{15} g/cm^3	矢 高 Deflection	幅 Breadth
l	t	r	l					
8 0.13 0.04 30.3 0.16 0.09	6 6.88 0.17 2.4 7.06 6.70	6 3.86 0.17 4.3 4.04 3.68	8 0.34 0.07 26.9 0.42 0.26	6 457 9 2.0 467 447	6 0.51 0.01 2.1 0.53 0.49	6 0.55 0.01 2.0 0.57 0.53	6 1.5 0.7 44.6 2.3 0.8	6 1.5 0.4 24.3 1.8 1.1
8 0.17 0.03 17.5 0.20 0.14	6 6.65 0.10 1.5 6.75 6.54	6 3.52 0.40 11.3 3.94 3.10	8 0.38 0.05 13.0 0.43 0.33	6 451 6 1.3 458 445	6 0.50 0.00 0.8 0.51 0.49	6 0.55 0.01 1.0 0.56 0.53	6 1.4 0.4 25.2 1.8 1.1	6 1.4 0.4 28.4 1.8 0.9
7 0.05 0.13 275.4 0.17 - 0.07	6 6.09 2.06 33.8 8.25 3.92	6 2.99 1.04 34.9 4.09 1.89	7 0.29 0.16 54.5 0.45 0.14	6 365 12 3.2 378 352	6 0.40 0.03 6.4 0.43 0.37	6 0.44 0.02 4.7 0.46 0.41	6 0.9 0.2 20.8 1.1 0.6	6 1.5 0.3 22.8 1.9 1.1
7 0.10 0.06 62.3 0.16 0.04	6 6.33 0.55 8.8 6.91 5.75	6 2.90 0.21 7.2 3.13 2.68	7 0.33 0.13 40.2 0.46 0.20	6 326 9 2.7 336 316	— — — — —	6 0.39 0.01 1.9 0.40 0.38	6 0.1 0.9 1,325.4 0.9 - 1.0	6 1.3 0.1 9.6 1.4 1.1
6 - 0.06 0.03 52.5 - 0.02 - 0.09	6 7.33 0.20 2.8 7.54 7.11	6 2.21 0.30 13.8 2.53 1.88	6 0.07 0.05 74.6 0.12 0.01	6 340 7 2.0 348 333	6 0.38 0.01 2.6 0.39 0.36	6 0.41 0.01 3.2 0.43 0.39	— — — — —	— — — — —
6 - 0.04 0.01 34.7 - 0.02 - 0.06	6 7.82 0.71 9.1 8.56 7.07	6 2.62 0.35 13.5 2.99 2.24	6 0.05 0.03 60.6 0.08 0.01	6 321 31 9.7 355 288	6 0.36 0.04 10.2 0.40 0.31	6 0.39 0.04 10.0 0.43 0.34	— — — — —	— — — — —

Appendix (つづき)

樹 種 Tree species	心 材 または 辺 材 Heartwood or sapwood	代 表 値 Repre- sentative values	収 縮 率 Shrinkage				
			δ			α_{15}	
			t	r	l	t	r
9 J カ ラ マ ツ KARAMATSU <i>Larix leptolepis</i> GORDON	心 材 Heartwood	n	27	27	27	27	27
		$\bar{x}$	0.310	0.143	0.011	4.13	1.73
		σ	0.037	0.027	0.004	0.96	0.46
		V	12.1	18.6	34.1	23.3	26.9
		l_1	0.325	0.155	0.013	4.52	1.92
		l_2	0.294	0.132	0.009	3.75	1.54
	辺 材 Sapwood	n	23	—	25	23	—
		$\bar{x}$	0.304	—	0.014	4.14	—
		σ	0.040	—	0.004	0.66	—
		V	13.1	—	31.1	16.0	—
		l_1	0.322	—	0.017	4.43	—
		l_2	0.287	—	0.012	3.85	—
13 M ト ガ サ ワ ラ TOGASAWARA <i>Pseudotsuga japonica</i> BEISSNER	心 材 Heartwood	n	6	6	7	6	6
		$\bar{x}$	0.189	0.117	0.014	2.12	1.26
		σ	0.069	0.041	0.011	1.10	0.67
		V	36.4	35.4	79.1	51.7	53.2
		l_1	0.260	0.160	0.025	3.27	1.97
		l_2	0.116	0.073	0.003	0.96	0.55
	辺 材 Sapwood	n	6	6	7	6	6
		$\bar{x}$	0.188	0.113	0.017	2.42	1.35
		σ	0.050	0.012	0.010	1.12	0.52
		V	26.4	10.9	55.6	46.2	38.4
		l_1	0.240	0.126	0.026	3.59	1.89
		l_2	0.136	0.100	0.008	1.24	0.80
14 M ツ ガ TSUGA <i>Tsuga Sieboldii</i> CARRIÈRE	心 材 Heartwood	n	6	6	7	6	6
		$\bar{x}$	0.295	0.165	0.010	2.94	1.57
		σ	0.016	0.014	0	0.25	0.25
		V	5.6	8.4	0	8.5	16.1
		l_1	0.312	0.179	0.010	3.20	1.84
		l_2	0.278	0.151	0.010	2.67	1.30
	辺 材 Sapwood	n	6	6	7	6	6
		$\bar{x}$	0.277	0.152	0.009	3.44	1.77
		σ	0.018	0.010	0.004	0.16	0.28
		V	6.3	6.5	44.1	4.7	15.0
		l_1	0.296	0.162	0.012	3.61	2.05
		l_2	0.258	0.141	0.005	3.26	1.48
15 F ア カ マ ツ AKAMATSU <i>Pinus densiflora</i> SIEBOLD et ZUCCARINI	心 材 Heartwood	n	21	21	22	21	18
		$\bar{x}$	0.248	0.109	0.014	4.11	1.39
		σ	0.035	0.033	0.005	0.60	0.42
		V	14.3	30.3	35.9	14.5	29.9
		l_1	0.264	0.125	0.016	4.39	1.60
		l_2	0.231	0.093	0.011	3.83	1.18
	辺 材 Sapwood	n	22	22	22	22	22
		$\bar{x}$	0.281	0.164	0.013	4.65	2.15
		σ	0.023	0.022	0.004	0.47	0.48
		V	8.3	13.2	35.1	10.0	22.2
		l_1	0.292	0.174	0.015	4.81	2.36
		l_2	0.271	0.154	0.010	4.44	1.93
15 L ア カ マ ツ AKAMATSU <i>Pinus densiflora</i> SIEBOLD et ZUCCARINI	心 材 Heartwood	n	41	41	41	41	41
		$\bar{x}$	0.288	0.142	0.011	4.34	1.91
		σ	0.014	0.024	0.004	0.53	0.44
		V	4.9	16.6	31.2	12.2	22.9
		l_1	0.293	0.150	0.013	4.51	2.05
		l_2	0.283	0.134	0.009	4.17	1.77

(Continued)

(%)				容 積 重 Density			年 輪 (mm) Annual ring	
	α			R kg/m ³	r_0 g/cm ³	r_{15} g/cm ³	矢 高 Deflection	幅 Breadth
l	t	r	l					
27 0.01 0.07 807.7 0.03 - 0.02	27 8.61 1.07 12.4 9.03 8.18	27 3.85 0.61 15.9 4.10 3.61	27 0.18 0.08 44.5 0.21 0.14	27 434 31 7.1 447 421	27 0.50 0.04 7.0 0.52 0.48	27 0.53 0.04 6.8 0.55 0.52	27 2.1 0.7 31.1 2.4 1.8	27 2.6 0.6 23.2 2.8 2.3
25 - 0.04 0.06 146.4 - 0.01 - 0.07	23 8.54 1.02 11.9 8.99 8.10	— — — — —	25 0.19 0.06 32.5 0.22 0.16	23 413 47 11.3 433 393	23 0.48 0.06 12.7 0.52 0.45	23 0.52 0.06 11.8 0.55 0.49	— — — — —	— — — — —
7 0.08 0.13 161.6 0.21 - 0.05	6 4.86 2.07 42.6 7.03 2.68	6 2.98 1.20 40.2 4.24 1.72	7 0.36 0.30 82.1 0.64 0.08	6 400 7 1.6 407 392	6 0.44 0.02 4.8 0.46 0.41	6 0.47 0.02 3.9 0.50 0.45	6 0.8 0.4 49.2 1.3 0.4	6 1.2 0.5 42.6 1.8 0.6
7 0.11 0.14 126.4 0.25 - 0.02	6 5.18 1.80 34.7 7.06 3.29	6 3.02 0.67 22.3 3.73 2.31	7 0.36 0.25 68.9 0.60 0.13	6 356 7 1.8 364 349	6 0.39 0.02 4.4 0.41 0.37	6 0.43 0.02 3.9 0.45 0.40	6 0.8 0.9 113.9 1.8 0.1	6 1.0 0.3 3.2 1.4 0.6
7 0.02 0.04 222.7 0.06 - 0.02	6 7.24 0.07 1.0 7.32 7.15	6 4.03 0.38 9.6 4.43 3.60	7 0.16 0.06 35.3 0.21 0.10	6 448 6 1.4 455 441	6 0.51 0.01 1.1 0.52 0.49	6 0.54 0.01 1.4 0.55 0.53	6 1.0 0.1 8.4 1.1 0.8	6 1.3 0.0 3.9 1.4 1.2
7 0.02 0.03 159.7 0.04 - 0.01	6 7.44 0.14 1.8 7.59 7.29	6 3.97 0.34 8.7 4.33 3.61	7 0.14 0.03 21.4 0.17 0.11	6 393 14 3.5 408 378	6 0.44 0.02 3.9 0.46 0.42	6 0.48 0.02 4.7 0.50 0.45	6 1.0 0.4 44.7 1.5 0.5	6 1.2 0.3 27.4 1.6 0.8
22 0.03 0.04 151.8 0.05 0.00	21 7.68 0.63 8.3 7.97 7.38	20 2.92 0.96 33.0 3.37 2.46	22 0.23 0.08 33.8 0.27 0.19	21 345 31 8.8 359 331	21 0.38 0.04 9.5 0.41 0.36	21 0.42 0.04 9.3 0.44 0.40	21 2.3 0.8 34.2 2.7 1.9	21 5.1 1.2 24.0 5.7 4.5
22 - 0.01 0.04 352.1 0.01 - 0.04	22 8.66 0.35 4.0 8.82 8.50	22 4.55 0.61 13.4 4.83 4.28	22 0.16 0.07 45.1 0.19 0.12	22 417 41 9.9 436 399	22 0.48 0.05 10.8 0.50 0.45	22 0.52 0.05 10.2 0.54 0.49	22 1.2 0.3 28.5 1.4 1.0	22 1.8 0.6 34.4 2.2 1.5
41 0.03 0.06 223.2 0.05 0.01	41 8.45 0.64 7.5 8.66 8.24	41 3.95 0.66 16.8 4.16 3.74	41 0.20 0.05 26.3 0.23 0.18	41 418 31 7.3 428 408	41 0.47 0.04 8.1 0.49 0.46	41 0.52 0.04 7.7 0.53 0.50	46 2.0 0.5 24.4 2.2 1.8	41 3.5 0.8 23.4 3.8 3.2

Appendix (つづき)

樹 種 Tree species	心 材 または 辺 材 Heartwood or sapwood	代 表 値 Repre- sentative values	収 縮 率 Shrinkage				
			δ			α_{15}	
			t	r	l	t	r
15 L アカマツ AKAMATSU <i>Pinus densi- flora</i> SIEBOLD et ZUCCARINI	辺 材 Sapwood	n $\bar{x}$ σ V l_1 l_2	42 0.285 0.022 7.6 0.292 0.278	42 0.182 0.025 13.7 0.190 0.174	42 0.011 0.003 24.3 0.012 0.009	42 4.33 0.41 9.4 4.46 4.20	42 2.49 0.57 22.8 2.67 2.31
19 J コウヤマキ KÔYAMAKI <i>Sciadopitys verticillata</i> SIEBOLD et ZUCCARINI	心 材 Heartwood	n $\bar{x}$ σ V l_1 l_2	6 0.155 0.011 7.3 0.167 0.143	6 0.045 0.014 30.5 0.060 0.031	6 0.008 0.002 26.0 0.011 0.006	6 3.28 0.17 5.2 3.47 3.10	6 1.13 0.15 13.5 1.30 0.97
	辺 材 Sapwood	n $\bar{x}$ σ V l_1 l_2	4 0.229 — — — —	— — — — — —	4 0.008 — — — — —	4 2.92 — — — — —	— — — — — —
20 J ヒノキ HINOKI <i>Chamaecyparis obtusata</i> ENDLI- CHER	心 材 Heartwood	n $\bar{x}$ σ V l_1 l_2	18 0.205 0.033 15.9 0.222 0.188	18 0.106 0.023 21.2 0.118 0.095	17 0.013 0.002 14.8 0.014 0.011	18 3.45 0.55 15.8 3.71 3.17	18 1.49 0.40 26.6 1.69 1.28
	辺 材 Sapwood	n $\bar{x}$ σ V l_1 l_2	18 0.208 0.015 7.4 0.216 0.200	1 0.128 — — — —	18 0.016 0.003 21.1 0.018 0.014	18 3.56 0.38 10.6 3.75 3.37	1 1.33 — — — —
21 J サワラ SAWARA <i>Chamaecyparis pisifera</i> ENDLICHER	心 材 Heartwood	n $\bar{x}$ σ V l_1 l_2	6 0.211 0.026 12.3 0.238 0.183	6 0.074 0.009 12.2 0.084 0.064	6 0.005 0.002 30.2 0.007 0.003	6 3.77 0.36 9.5 4.44 3.39	6 1.75 0.20 11.2 1.96 1.54
	辺 材 Sapwood	n $\bar{x}$ σ V l_1 l_2	6 0.273 0.028 10.4 0.304 0.242	— — — — — —	6 0.013 0.001 10.8 0.015 0.011	6 3.88 0.21 5.5 4.10 3.65	— — — — —
22 J ネズコ NEZUKO <i>Thuja Standi- shii</i> CARRIÈRE	心 材 Heartwood	n $\bar{x}$ σ V l_1 l_2	6 0.193 0.025 12.8 0.219 0.167	6 0.056 0.016 29.1 0.073 0.038	6 0.009 0.004 42.7 0.014 0.005	6 3.04 0.78 25.6 3.86 2.21	6 1.13 0.35 30.6 1.50 0.76
	辺 材 Sapwood	n $\bar{x}$ σ V l_1 l_2	6 0.192 0.006 3.3 0.199 0.183	— — — — — —	6 0.015 0.002 16.9 0.017 0.012	6 4.36 0.40 9.3 4.79 3.93	— — — — —

(Continued)

(%)				容 積 重 Density			年 輪 (mm) Annual ring	
<i>l</i>	α			<i>R</i> kg/m ³	<i>r</i> ₀ g/cm ³	<i>r</i> ₁₅ g/cm ³	矢 高 Deflection	幅 Breadth
	<i>t</i>	<i>r</i>	<i>l</i>					
42 0.04 0.03 77.4 0.06 0.03	42 8.33 0.90 10.8 8.61 8.04	42 5.19 0.75 14.5 5.43 4.95	42 0.20 0.05 27.0 0.22 0.18	42 450 41 9.0 463 437	42 0.52 0.05 9.9 0.54 0.50	42 0.56 0.05 9.6 0.58 0.53	46 1.1 0.4 38.0 1.3 0.9	46 1.8 0.5 25.4 2.0 1.6
6 0.07 0.08 107.6 0.09 0.06	6 5.55 0.11 2.1 5.68 5.42	6 1.82 0.21 11.5 2.05 1.60	6 0.21 0.11 52.8 0.32 0.09	6 262 6 2.3 268 255	6 0.29 0.01 2.3 0.30 0.27	6 0.32 0.01 2.5 0.33 0.31	6 1.0 0.8 77.4 1.9 0.1	6 2.1 0.5 25.7 2.7 1.5
4 0.00 — — — —	4 6.27 — — — —	— — — — —	4 0.12 — — — —	4 245 — — — —	4 0.27 — — — —	4 0.30 — — — —	— — — — —	— — — — —
17 0.05 0.03 60.6 0.07 0.03	18 6.43 0.54 8.4 6.71 6.16	18 3.07 0.49 15.9 3.32 2.83	17 0.25 0.03 12.4 0.27 0.23	18 330 26 8.0 343 316	18 0.37 0.03 8.1 0.39 0.35	18 0.41 0.03 8.1 0.43 0.39	15 2.6 1.3 51.0 3.4 1.8	15 1.1 0.4 32.2 1.3 0.9
18 0.01 0.04 672.7 0.03 — 0.02	18 6.59 0.35 5.3 6.77 6.41	1 3.24 — — — —	18 0.25 0.05 18.5 0.28 0.22	18 303 20 6.5 313 293	18 0.34 0.02 6.9 0.36 0.32	18 0.37 0.02 5.7 0.39 0.36	1 1.0 — — — —	1 0.9 — — — —
6 0.01 0.02 157.2 0.03 — 0.01	6 6.82 0.06 0.9 6.89 6.75	6 2.85 0.22 7.8 3.09 2.61	6 0.09 0.03 36.2 0.13 0.05	6 291 5 1.6 297 286	6 0.33 0.00 1.5 0.34 0.32	6 0.36 0.00 0.9 0.37 0.35	5 2.1 0.4 19.9 2.7 1.5	5 0.9 0.0 5.1 1.0 0.8
6 — 0.05 0.04 86.4 0.00 — 0.09	6 7.83 0.30 3.9 8.61 6.96	— — — — —	6 0.14 0.03 23.6 0.18 0.10	6 253 3 1.2 257 250	6 0.29 0.00 0.6 0.29 0.28	6 0.31 0.00 0.9 0.32 0.30	— — — — —	— — — — —
6 0.15 0.06 37.5 0.21 0.08	6 5.85 1.03 17.6 6.94 4.76	6 1.97 0.29 14.3 2.27 1.67	6 0.29 0.12 40.5 0.41 0.16	6 281 3 1.2 285 277	6 0.31 0.00 0.8 0.32 0.30	6 0.34 0.00 0.6 0.35 0.34	6 2.4 0.8 33.1 3.3 1.5	6 1.1 0.2 19.9 1.4 0.8
6 0.14 0.07 47.8 0.21 0.06	6 7.12 0.45 6.3 7.60 6.65	— — — — —	6 0.37 0.08 23.1 0.46 0.27	6 246 12 4.8 258 233	6 0.28 0.01 4.8 0.30 0.26	6 0.31 0.01 4.9 0.33 0.29	— — — — —	— — — — —

Appendix (つづき)

樹 種 Tree species	心 材 または 辺 材 Heartwood or sapwood	代 表 値 Representative values	収 縮 率 Shrinkage				
			δ			α_{15}	
			t	r	l	t	r
23 J ア ス ナ ロ ASUNARO <i>Thujaopsis dolabrata</i> SIEBOLD et ZUCCARINI	心 材 Heartwood	n	6	6	6	6	6
		$\bar{x}$	0.235	0.110	0.007	3.59	1.77
		σ	0.010	0.017	0.004	0.20	0.15
		V	4.5	15.2	58.7	54.4	8.7
		l_1	0.246	0.128	0.011	3.80	1.93
		l_2	0.223	0.091	0.003	3.38	1.60
	辺 材 Sapwood	n	6	—	6	6	—
		$\bar{x}$	0.233	—	0.013	3.49	—
		σ	0.049	—	0.006	0.84	—
		V	21.2	—	44.2	24.0	—
		l_1	0.285	—	0.020	4.37	—
		l_2	0.180	—	0.007	2.60	—
24 F ヒノキアスナロ HINOKIASUNARO <i>Thujaopsis dolabrata</i> SIEBOLD et ZUCCARINI var. <i>Hondai</i> MAKINO	心 材 Heartwood	n	9	9	9	9	9
		$\bar{x}$	0.287	0.122	0.009	3.13	1.05
		σ	0.040	0.023	0.003	0.60	0.23
		V	13.8	18.7	37.3	19.0	22.2
		l_1	0.318	0.140	0.012	3.59	1.24
		l_2	0.256	0.104	0.006	2.67	0.87
	辺 材 Sapwood	n	6	—	6	6	—
		$\bar{x}$	0.307	—	0.013	4.00	—
		σ	0.048	—	0.005	0.49	—
		V	15.7	—	38.7	12.1	—
		l_1	0.358	—	0.019	4.52	—
		l_2	0.256	—	0.008	3.49	—
28 F オニグルミ ONIGURUMI <i>Juglans Sieboldiana</i> MAXIMOWICZ	心 材 Heartwood	n	5	4	5	5	4
		$\bar{x}$	0.256	0.182	0.006	5.11	2.96
		σ	0.021	—	0.009	0.76	—
		V	8.1	—	149.1	14.9	—
		l_1	0.282	—	0.018	6.06	—
		l_2	0.230	—	— 0.006	4.16	—
	辺 材 Sapwood	n	5	—	5	5	—
		$\bar{x}$	0.226	—	0.014	6.79	—
		σ	0.074	—	0.011	0.92	—
		V	33.0	—	81.4	13.5	—
		l_1	0.318	—	0.028	7.93	—
		l_2	0.134	—	— 0.000	5.65	—
36 F ク リ KURI <i>Castanea crenata</i> SIEBOLD et ZUCCARINI	心 材 Heartwood	n	13	13	13	13	13
		$\bar{x}$	0.279	0.159	0.009	5.33	2.43
		σ	0.034	0.030	0.006	0.70	0.38
		V	12.2	18.8	71.2	13.1	15.8
		l_1	0.300	0.178	0.013	5.75	2.67
		l_2	0.257	0.141	0.005	4.90	2.19
	辺 材 Sapwood	n	8	—	8	8	—
		$\bar{x}$	0.248	—	0.016	6.96	—
		σ	0.061	—	0.005	1.22	—
		V	24.8	—	31.8	17.5	—
		l_1	0.300	—	0.021	7.99	—
		l_2	0.196	—	0.011	5.94	—
38 F ブ ナ BUNA <i>Fagus crenata</i> BLUME	心 材 Heartwood	n	9	9	7	9	8
		$\bar{x}$	0.299	0.172	0.020	7.58	2.51
		σ	0.029	0.023	0.014	1.15	0.49
		V	9.8	13.5	70.7	15.1	19.4
		l_1	0.322	0.191	0.033	8.46	2.88
		l_2	0.276	0.154	0.007	6.69	2.14

(Continued)

(%)				容 積 重 Density			年 輪 (mm) Annual ring	
	α			R kg/m ³	r_0 g/cm ³	r_{15} g/cm ³	矢 高 Deflection	幅 Breadth
l	t	r	l					
6 0.04 0.03 85.8 0.07 0.00	6 7.01 0.21 2.9 7.23 6.79	6 3.40 0.30 9.0 3.72 3.07	6 0.15 0.03 20.3 0.18 0.11	6 354 4 1.2 359 349	6 0.40 0.01 1.3 0.41 0.39	6 0.43 0.00 1.0 0.44 0.42	6 1.7 0.4 24.5 2.1 1.2	6 0.8 0.1 7.9 0.9 0.7
6 0.10 0.08 80.8 0.18 0.01	6 6.88 1.18 17.9 8.12 5.63	— — — — —	6 0.31 0.08 25.6 0.39 0.22	6 322 14 4.3 337 307	6 0.37 0.01 2.7 0.38 0.35	6 0.40 0.01 2.7 0.41 0.38	— — — — —	— — — — —
9 — 0.04 0.04 96.8 0.00 — 0.07	9 7.30 1.11 15.2 8.16 6.44	9 2.89 0.33 11.6 3.15 2.63	9 0.08 0.05 70.2 0.12 0.03	9 347 23 6.7 365 329	9 0.39 0.03 7.7 0.41 0.36	9 0.42 0.03 7.4 0.45 0.39	— — — — —	— — — — —
6 — 0.03 0.09 304.1 0.07 — 0.13	6 8.42 1.05 12.4 9.52 7.32	— — — — —	6 0.16 0.11 69.1 0.27 0.04	6 326 18 5.4 345 307	6 0.37 0.02 5.7 0.40 0.34	6 0.40 0.02 5.0 0.42 0.37	— — — — —	— — — — —
5 0.02 0.06 244.0 0.10 — 0.05	5 8.75 0.92 10.5 9.89 7.61	4 5.63 — — —	5 0.17 0.14 84.7 0.34 — 0.01	5 432 24 5.5 462 402	5 0.51 0.02 4.0 0.55 0.48	5 0.54 0.03 4.6 0.58 0.50	5 0.9 0.4 45.5 1.5 0.4	5 3.3 1.0 29.6 4.6 2.0
5 0.15 0.15 98.8 0.34 — 0.04	5 9.90 0.48 4.8 10.50 9.31	— — — — —	5 0.37 0.24 65.1 0.67 0.07	5 370 27 7.3 404 336	5 0.45 0.04 9.9 0.51 0.39	5 0.48 0.04 8.1 0.54 0.43	— — — — —	— — — — —
13 — 0.01 0.10 1,592.0 0.06 — 0.07	13 9.34 0.81 8.7 9.83 8.85	13 4.76 0.64 13.4 5.15 4.36	13 0.14 0.17 120.2 0.25 0.03	13 445 39 8.8 470 421	13 0.52 0.05 10.1 0.56 0.48	13 0.56 0.06 9.9 0.59 0.52	— — — — —	— — — — —
8 0.08 0.20 251.5 0.25 — 0.09	8 10.41 1.75 16.8 11.87 8.94	— — — — —	8 0.28 0.25 91.8 0.49 0.06	7 406 21 5.3 426 385	7 0.48 0.03 5.6 0.51 0.45	7 0.52 0.02 4.7 0.55 0.50	— — — — —	— — — — —
7 0.12 0.23 202.9 0.34 — 0.10	9 11.78 1.17 9.9 12.69 10.88	9 4.87 0.72 14.7 5.43 4.32	7 0.42 0.32 75.8 0.71 0.12	9 504 27 5.3 525 483	9 0.60 0.04 6.9 0.64 0.57	9 0.64 0.04 6.6 0.68 0.60	9 0.9 0.6 66.2 1.4 0.4	9 1.8 0.8 44.7 2.4 1.1

Appendix (つづき)

樹 種 Tree species	心 材 または 辺 材 Heartwood or sapwood	代 表 値 Repre- sentative values	収 縮 率 Shrinkage				
			δ			α_{15}	
			t	r	l	t	r
38 F ブ ナ BUNA <i>Fagus crenata</i> BLUME	辺 材 Sapwood	n	9	9	9	9	9
		$\bar{x}$	0.260	0.151	0.022	6.46	2.17
		σ	0.032	0.012	0.008	0.68	0.39
		V	12.3	7.7	37.3	10.5	17.9
		l_1	0.285	0.160	0.029	6.99	2.47
		l_2	0.235	0.142	0.015	5.94	1.87
38 K ブ ナ BUNA <i>Fagus crenata</i> BLUME	心 材 Heartwood	n	19	19	20	19	19
		$\bar{x}$	0.324	0.212	0.023	6.54	2.22
		σ	0.032	0.070	0.009	0.86	0.65
		V	9.8	32.8	40.1	13.1	29.2
		l_1	0.339	0.246	0.028	6.96	2.54
		l_2	0.308	0.178	0.018	6.13	1.90
	辺 材 Sapwood	n	24	24	24	24	24
		$\bar{x}$	0.295	0.173	0.023	5.99	2.36
		σ	0.043	0.025	0.012	1.54	0.35
		V	14.6	14.7	53.8	25.8	15.0
		l_1	0.314	0.184	0.029	6.64	2.51
		l_2	0.277	0.162	0.017	5.33	2.20
38 L ブ ナ BUNA <i>Fagus crenata</i> BLUME	心 材 Heartwood	n	12	12	11	12	12
		$\bar{x}$	0.304	0.164	0.015	7.23	2.38
		σ	0.026	0.026	0.007	0.71	0.47
		V	8.6	15.9	44.4	9.8	19.6
		l_1	0.321	0.181	0.020	7.68	2.68
		l_2	0.287	0.147	0.010	6.77	2.08
	辺 材 Sapwood	n	13	13	13	13	13
		$\bar{x}$	0.280	0.152	0.028	6.08	2.16
		σ	0.033	0.027	0.013	0.71	0.30
		V	11.9	17.6	47.1	11.7	14.0
		l_1	0.300	0.168	0.037	6.52	2.34
		l_2	0.259	0.135	0.020	5.65	1.97
45 F ミズナラ MIZUNARA <i>Quercus cri- spula</i> BLUME	心 材 Heartwood	n	11	11	10	11	11
		$\bar{x}$	0.269	0.149	0.013	5.79	2.04
		σ	0.027	0.023	0.008	0.66	0.40
		V	10.2	15.4	63.1	11.4	19.5
		l_1	0.288	0.165	0.019	6.23	2.32
		l_2	0.250	0.134	0.007	5.34	1.77
	辺 材 Sapwood	n	8	8	6	8	8
		$\bar{x}$	0.291	0.148	0.023	5.96	1.77
		σ	0.032	0.018	0.012	0.64	0.28
		V	11.1	11.9	50.2	10.7	15.9
		l_1	0.319	0.163	0.036	6.50	2.01
		l_2	0.264	0.132	0.010	5.43	1.53
45 K ミズナラ MIZUNARA <i>Quercus cri- spula</i> BLUME	心 材 Heartwood	n	20	20	20	20	20
		$\bar{x}$	0.308	0.199	0.020	6.33	2.45
		σ	0.029	0.019	0.007	0.53	0.30
		V	9.3	9.5	33.5	9.1	12.2
		l_1	0.322	0.209	0.023	6.58	2.60
		l_2	0.294	0.190	0.016	6.07	2.31
	辺 材 Sapwood	n	16	2	16	16	2
		$\bar{x}$	0.266	0.164	0.025	5.14	1.95
		σ	0.092	—	0.009	0.93	—
		V	34.8	—	36.7	18.1	—
		l_1	0.316	—	0.031	5.64	—
		l_2	0.216	—	0.020	4.64	—

(Continued)

(%)				容 積 重 Density			年 輪 (mm) Annual ring	
<i>l</i>	α			<i>R</i> kg/m ³	<i>r</i> ₀ g/cm ³	<i>r</i> ₁₅ g/cm ³	矢 高 Deflection	幅 Breadth
	<i>t</i>	<i>r</i>	<i>l</i>					
9 0.16 0.12 80.2 0.26 0.05	9 10.08 0.78 7.7 10.68 9.48	9 4.38 0.42 9.6 4.70 4.05	9 0.42 0.18 42.7 0.55 0.27	9 465 29 6.2 488 443	9 0.55 0.04 7.6 0.58 0.51	9 0.59 0.04 7.5 0.62 0.55	9 0.7 0.6 84.5 1.2 0.2	9 1.6 0.5 34.1 2.0 1.1
20 0.02 1.71 8, 145.3 0.83 — 0.78	19 11.09 1.05 9.5 11.60 10.57	19 5.23 0.76 14.6 5.60 4.86	20 0.37 0.28 74.3 0.50 0.24	19 527 37 7.0 544 509	19 0.64 0.05 8.4 0.67 0.61	19 0.66 0.05 7.8 0.69 0.63	19 1.8 0.7 37.7 2.2 1.5	19 1.7 0.5 29.4 2.0 1.4
23 0.02 0.16 80.0 0.09 — 0.05	24 10.31 1.19 18.6 10.81 9.80	24 4.90 2.67 54.6 6.03 3.77	23 0.37 0.30 83.0 0.50 0.23	24 488 41 8.4 505 470	24 0.58 0.06 10.1 0.61 0.55	24 0.61 0.06 9.8 0.64 0.58	24 1.1 0.5 42.0 1.4 0.9	24 1.2 0.4 38.2 1.4 0.9
11 0.09 0.12 136.3 0.18 0.00	12 11.45 0.69 6.0 11.90 11.01	12 4.78 0.68 14.3 5.22 4.34	11 0.31 0.21 66.0 0.46 0.17	12 521 22 4.2 535 507	12 0.62 0.03 4.9 0.64 0.59	12 0.66 0.03 4.9 0.69 0.64	12 0.9 0.4 49.3 1.2 0.5	12 1.7 0.7 40.3 2.2 1.2
12 0.24 0.13 53.9 0.33 0.15	13 10.03 1.01 10.0 10.64 9.42	13 4.38 0.63 14.3 4.76 3.99	12 0.61 0.25 41.0 0.77 0.45	13 486 40 8.2 510 461	13 0.57 0.05 9.2 0.60 0.53	13 0.61 0.05 8.8 0.64 0.58	13 0.5 0.3 71.6 0.7 0.2	13 1.2 0.5 36.6 1.6 0.9
10 0.07 0.05 61.5 0.11 0.04	11 9.47 0.70 7.4 9.95 9.00	11 4.21 0.46 11.0 4.53 3.90	10 0.30 0.10 33.1 0.37 0.22	11 523 23 4.5 539 507	11 0.61 0.03 5.4 0.63 0.58	11 0.65 0.04 5.6 0.68 0.62	11 0.6 0.4 66.2 1.0 0.3	11 1.1 0.2 21.4 1.3 0.9
6 0.08 0.13 167.7 0.22 — 0.06	8 10.08 0.84 8.3 10.79 9.37	8 3.95 0.34 8.5 4.23 3.66	6 0.26 0.14 53.7 0.42 0.11	8 535 34 6.3 565 505	8 0.62 0.04 7.0 0.66 0.58	8 0.67 0.05 7.1 0.71 0.63	8 0.6 0.6 101.3 1.2 0.0	8 1.4 0.5 32.0 1.8 1.0
20 0.08 0.16 194.7 0.15 0.01	20 10.69 0.78 7.3 11.06 10.32	20 5.38 0.36 6.8 5.56 5.21	20 0.38 0.17 45.5 0.47 0.30	19 562 42 7.5 582 541	19 0.68 0.06 8.6 0.71 0.65	19 0.72 0.06 8.7 0.75 0.69	20 1.3 0.6 51.1 1.6 0.9	20 1.7 0.8 45.1 2.1 1.3
16 0.13 0.10 77.3 0.18 0.07	16 8.93 1.53 17.8 9.78 8.08	2 4.38 — — — —	16 0.51 0.11 22.1 0.58 0.45	16 472 61 12.9 504 439	16 0.55 0.08 14.6 0.60 0.51	16 0.60 0.08 13.6 0.64 0.55	2 1.3 — — — —	2 1.9 — — — —

Appendix (つづき) (Continued)

樹 種 Tree species	心 材 または 辺 材 Heartwood or sapwood	代 表 値 Repre- sentative values	収 縮 率 Shrinkage (%)						
			δ			α_{15}			α
			t	r	l	t	r	l	t
56 F イヌエンジュ INUENJU <i>Maackia amurensis</i> Ruprecht et Maximowicz var. <i>Buergeri</i> C. K. Schneider	心 材 Heartwood	n	6	6	6	6	6	6	6
		$\bar{x}$	0.285	0.130	0.028	2.74	0.87	0.19	6.93
		σ	0.042	0.021	0.031	0.58	0.28	0.09	0.77
		V	14.9	16.1	110.4	21.2	31.8	48.6	11.2
		l_1	0.330	0.152	0.062	3.36	1.16	0.29	7.74
		l_2	0.240	0.107	0.005	2.13	0.57	0.09	6.11
	辺 材 Sapwood	n	—	—	—	—	—	—	—
		$\bar{x}$	—	—	—	—	—	—	—
		σ	—	—	—	—	—	—	—
		V	—	—	—	—	—	—	—
		l_1	—	—	—	—	—	—	—
		l_2	—	—	—	—	—	—	—
63 M ヒメシヤラ HIMESHARA <i>Stewartia monadelphpha</i> Siebold et Zuccarini	心 材 Heartwood	n	6	6	6	6	6	6	6
		$\bar{x}$	0.328	0.210	0.035	9.36	3.51	0.57	13.84
		σ	0.013	0.040	0.016	0.45	1.10	0.38	0.37
		V	4.1	18.8	47.0	4.8	31.5	67.5	2.7
		l_1	0.342	0.252	0.053	9.83	4.67	0.97	14.24
		l_2	0.314	0.168	0.017	8.88	2.34	0.16	13.45
	辺 材 Sapwood	n	6	6	8	6	6	8	6
		$\bar{x}$	0.317	0.197	0.048	8.88	3.90	0.59	13.21
		σ	0.027	0.029	0.028	0.17	0.19	0.45	0.31
		V	8.4	15.0	59.3	1.9	4.9	75.5	2.3
		l_1	0.345	0.228	0.072	9.07	4.10	0.97	13.54
		l_2	0.288	0.165	0.023	8.69	3.70	0.21	12.88
樹 種 Tree species	心 材 または 辺 材 Heartwood or sapwood	代 表 値 Repre- sentative values	収 縮 率 Shrinkage (%)		容 積 重 Density			年 輪 (mm) Annual ring	
			α		R kg/m ³	r_0 g/cm ³	r_{15} g/cm ³	矢 高 Deflection	幅 Breadth
			r	l					
56 F イヌエンジュ INUENJU <i>Maackia amurensis</i> Ruprecht et Maximowicz var. <i>Buergeri</i> C. K. Schneider	心 材 Heartwood	n	6	6	6	6	6	6	6
		$\bar{x}$	2.78	0.39	527	0.58	0.63	1.2	1.6
		σ	0.32	0.20	30	0.03	0.03	0.9	0.3
		V	11.3	51.6	5.7	6.0	5.3	79.4	19.6
		l_1	3.12	0.61	559	0.62	0.67	2.2	2.0
		l_2	2.45	0.17	495	0.54	0.59	0.3	1.2
	辺 材 Sapwood	n	—	—	—	—	—	—	—
		$\bar{x}$	—	—	—	—	—	—	—
		σ	—	—	—	—	—	—	—
		V	—	—	—	—	—	—	—
		l_1	—	—	—	—	—	—	—
		l_2	—	—	—	—	—	—	—
63 M ヒメシヤラ HIMESHARA <i>Stewartia monadelphpha</i> Siebold et Zuccarini	心 材 Heartwood	n	6	7	6	6	6	6	6
		$\bar{x}$	6.57	0.99	593	0.73	0.78	2.3	1.7
		σ	1.41	0.64	1	0.00	0.01	0.4	0.2
		V	21.5	64.9	0.2	0.6	1.0	16.2	9.5
		l_1	8.06	1.59	595	0.74	0.79	2.8	1.9
		l_2	5.09	0.39	592	0.72	0.77	1.9	1.5
	辺 材 Sapwood	n	6	8	6	6	6	6	6
		$\bar{x}$	6.71	1.29	571	0.71	0.76	1.2	1.1
		σ	0.47	0.80	2	0.00	0.01	0.2	0.1
		V	7.0	62.3	0.4	0.6	0.7	20.8	8.0
		l_1	7.21	1.99	573	0.72	0.77	1.5	1.2
		l_2	6.21	0.59	568	0.70	0.74	0.9	0.9