

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

蕪 木 自 輔⁽¹⁾

ま え が き

北海道野幌地方における造林木の材質成長について第11報および第12報に記載したが、ここではひきついでその容積収縮率のあらわれかたを、樹種、優勢木・劣勢木、地上高、辺材・心材などの要素についてとりまとめた結果を報告する。もちろん、これらの現象のより本質的な解析は年輪構成と収縮量の変化のあらわれかたを、林木の成長過程と一次的にむすびつけてたしかめなければならないものと考えられるが、それらについては追ってとりまとめる予定である。

この仕事の実行ととりまとめにあたつて、種々ご指導とご便宜をくださった前林業試験場北海道支場長林行五氏、北海道支場長柳下鋼造氏、林業試験場長斎藤美禰氏、木材部長小倉武夫氏にあつくお礼を申しあげるとともに、ご協力と助言をいただいた材質第二研究室長加納技官ならびに同研究室の方々に深甚の謝意を表する。

観 察 の し か た

試験地、供試木、試験片などのえらびかたはまえの報告に記載したとおりであるので、ここには省略する。樹種と供試木のあらましかたを掲げれば次のとおりである（Table 1）。

グイマツ	(<i>Larix Gmelini</i> LEDES)
トドマツ	(<i>Abies Mayriana</i> MIYABE et KUDÔ)
ヤチダモ	(<i>Fraxinus mandshurica</i> RUPR.)
ド　ロ	(<i>Populus Maximowiczii</i> A. HENRY)
エゾマツ	(<i>Picea jezoensis</i> CARR.)
シンシュウカラマツ	(<i>Larix leptolepis</i> GORDON)
オウシュウトウヒ	(<i>Picea excelsa</i> LINK.)
ストロブマツ	(<i>Pinus strobus</i> L.)

これらの林歴や林木の成長経過などについては第11報を参照されたい。測定にあたつては、供試木の全樹幹から前報に記載したような方法で木取った試験片を、水中で飽水状態にさせてその水中浮力を化学天秤ではかつて飽水時の容積をもとめ、ついで、室内で気乾状態にしてから105℃の恒温器で絶乾状態にして絶乾重量をはかり、それからこれをガソリンのなかに浸漬してガソリンを充分にふくんだ状態でガソリン中の浮力をはかつて絶乾時の容積をもとめた（ガソリンが木材を膨潤させる量は無視できる程度の

(1) 木材部木材材料科材質第二研究室員

Table 1. 供試木のあらまし

樹種			林分 (0.1ha 当り)					供試木											
			立木 本数	容積 成長量 (fm)	重量 成長量 (ton)	年平均 容積 成長量 (fm)	年平均 重量 成長量 (kg)	供試木 番号	成長 状態	樹令 (年)	胸高 直径 (cm)	樹高 (m)	樹冠 下高 (m)	樹皮率 (%)	枝条率 (%)	容積 成長量 (fm)	重量 成長量 (kg)	年平均 容積 成長量 (fm)	年平均 重量 成長量 (kg)
グ イ マ ツ	100	29.204	12.074	0.712	294	Ga 9	優勢	38	32.0	19.9	9.0	10.7	6.0	0.6371	220.0	0.0167	5.788	345	
						Ga 16	中位	39	22.4	17.2	10.4	10.6	3.8	0.3087	145.9	0.0079	3.742	472	
						Ga 33	劣勢	38	14.2	14.4	10.3	12.9	3.4	0.0915	42.6	0.0024	1.121	465	
ト ド マ ツ	103	43.043	13.805	1.024	328	Gb 201	優勢	37	28.0	18.5	8.8	7.7	5.7	0.4971	156.0	0.0134	4.215	313	
						Gb 202	中位	38	22.5	16.9	11.7	8.5	3.5	0.3074	102.5	0.0080	2.698	333	
						Gb 74	劣勢	40	13.1	14.9	10.6	15.1	4.7	0.1005	34.5	0.0025	0.861	343	
ヤ チ ダ モ	74	20.280	11.070	0.507	276	Gc 66	優勢	38	22.5	19.1	15.0	12.8	—	0.2976	163.9	0.0078	4.313	550	
						Gc 56	劣勢	38	15.2	17.3	13.8	14.7	—	0.1433	76.9	0.0037	2.024	536	
ド	48	33.911	10.104	0.807	240	Gd 13	優勢	37	38.5	23.5	11.8	9.7	—	1.1166	334.3	0.0301	9.035	299	
						Gd 14	劣勢	40	21.6	21.1	16.0	10.3	—	0.2878	80.1	0.0071	2.001	278	
エ ゾ マ ツ	222	18.634	6.490	0.443	154	Ge 169	優勢	35	19.8	13.0	8.8	11.5	3.7	0.1866	64.1	0.0053	1.832	343	
						Ge 161	劣勢	35	13.4	12.1	7.4	11.8	2.6	0.0858	30.1	0.0024	0.860	351	
シンシユウカラマツ	77	32.161	12.413	0.699	260	Gf 102	優勢	42	27.5	22.4	15.4	11.6	2.0	0.5610	219.5	0.0133	5.227	391	
						Gf 103	劣勢	41	20.3	19.0	5.2	11.6	0.4	0.2366	87.4	0.0057	2.131	369	
オウシユウトウヒ	101	36.242	12.541	0.755	261	Gg 105	優勢	43	22.5	19.9	11.8	7.2	4.7	0.3701	126.7	0.0086	2.945	342	
						Gg 106	劣勢	43	14.4	18.8	13.0	9.5	0.9	0.1409	49.8	0.0032	1.157	353	
ストロブマツ	96	53.176	14.776	1.266	351	Gh 29	優勢	38	34.9	20.0	13.2	6.8	7.2	0.8588	235.5	0.0226	6.196	274	
						Gh 26	中位	35	25.8	19.5	12.9	8.6	1.6	0.4520	129.0	0.0129	3.685	285	
						Gh 62	劣勢	35	18.0	17.1	11.8	8.4	1.3	0.2123	56.3	0.0060	1.608	265	

ものと仮定した)。水やガソリンに浸漬することによつて生ずる木材の変質、その成分の抽出による収縮性能の変化については、充分にたしかめていないが、一応ちいさい程度かもしくは同一の条件での比較としてとりあつた。これらの測定値から次式によつてみかけの容積収縮率($\alpha_v\%$)と容積密度数(R kg/m^3 または g/cm^3)とを計算した。

$$\alpha_v = 100 \times (\text{飽水時容積} - \text{絶乾時容積}) / \text{飽水時容積} \quad (\%)$$

$$R = \text{絶乾時重量} / \text{飽水時容積} \quad (kg/m^3 \text{ または } g/cm^3)$$

観 察 の 結 果

1. 樹種による容積収縮率のおおきさと分布のしかた

樹種による収縮性能のちがいを無視して、測定された全部の値から樹種べつに収縮率の出現度数分布をもとめると Fig. 1 にしめすような結果をあたえた。これによると、それぞれの樹種はかなりひろい巾で収縮率の変化をしめしており、おおきさは勿論、そのひろがりかたも樹種によつてまちまちである。これは当然、容積収縮率のおおきさに影響する諸因子——たとえば材の比重とか細胞構造の特性とか——が樹種によつてことなるためであると考えられるが、各樹種がもつ収縮率のおおきさの変化を概観すると、頻度曲線がもつとも左に位置したものはストロブマツで、もつとも右に位置したものはヤチダモであつて、そのあいだに他の樹種がかなりかさなりあつて位置していることが知られた。これまでの研究で、容積収縮率のおおきさに一番影響があるとされている材の容積密度数（または比重）を付記して、容積収縮率の樹種べつの平均的代表値を表示すると Table 2 のようであつた（容積密度数の詳細については第 11 報を参照）。これでみれば、収縮率の算術平均値の樹種によるおおきさの順位とモードの順位とはほぼ一

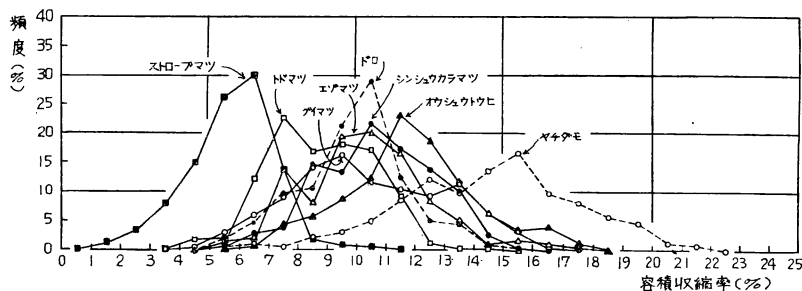


Fig. 1 容積収縮率の出現度数分布（樹種べつの比較）

Table 2. 容積収縮率の樹種べつ平均値

樹 種	供試木 本 数	試 験 片 数	容積収縮率 (%)				容積密度数 (kg/m^3)		
			はんい	算術平均	標準偏差	モード	はんい	算術平均	モード
グ イ マ ツ	3	450	4~17	10.4	1.8	9~10	300~680	418	320~340
ト ド マ ツ	3	331	4~15	8.8	0.5	7~8	260~540	329	300~320
ヤ チ ダ モ	2	278	4~22	14.6	2.1	15~16	420~660	551	560~580
ド ロ	2	382	4~17	10.0	0.7	10~11	220~440	296	280~300
エ ゾ マ ツ	2	184	4~18	10.3	1.0	10~11	280~500	354	320~340
シンジュウカラマツ	2	405	5~16	10.7	1.0	10~11	240~520	385	360~380
オウシュウトウヒ	2	307	5~18	11.9	0.5	11~12	260~520	353	320~340
ストロブマツ	3	423	1~11	5.8	0.4	6~7	220~380	278	260~280

Table 3. 容積収縮率の樹種による順位

順位	算術平均		変化の巾	
	樹種	比較値	樹種	巾 (%)
1	ストロブマツ	100	ストロブマツ	10
2	トドマツ	152	トドマツ	11
3	ドロ	172	シンシュウカラマツ	11
4	エゾマツ	178	ドロ	13
5	グイマツ	179	グイマツ	13
6	シンシュウカラマツ	184	オウシュウトウヒ	13
7	オウシュウトウヒ	205	エゾマツ	14
8	ヤチダモ	252	ヤチダモ	18

算術平均値で樹種間の収縮率のおおきさを比較すると、最大はヤチダモの 15% 弱、最小はストロブマツの 6% 弱で、このあいだに 9% ぐらいのひらきがあつて、オウシュウトウヒの 12%、シンシュウカラマツの 11% 弱、グイマツ、エゾマツ、ドロの 10% 強、トドマツの 9% 弱が位置している。これらの比較値はその変化の巾とともに Table 3 にしめたが、最大は最小の 2.5 倍もあり、おおきなちがいがみとめられたが、各樹種内の分散の巾はヤチダモの 18% をのぞけば、他の樹種では 10~14% ぐらいのはい内で大差はみとめられなかつた。各樹種の容積収縮率はわりあい似かよつた分散の巾であられ、ただそのおおきさが樹種によつてかなり顕著にことなつてしめされるものようである。

致しており、また容積密度数のそれらもほぼ一致していたが、収縮率と容積密度数とは樹種べつ順位において最大ヤチダモと最小ストロブマツとが一致しているのみで、他の順位は符合していなかつた。これは各樹種の容積密度数の分散のしかたにもよるであろうが、それよりもむしろ、すでに知られているように容積密度数と収縮率との関係における樹種的な、年輪構造的な特性のちがいににより以上に原因するものであらうとかんがえられる。

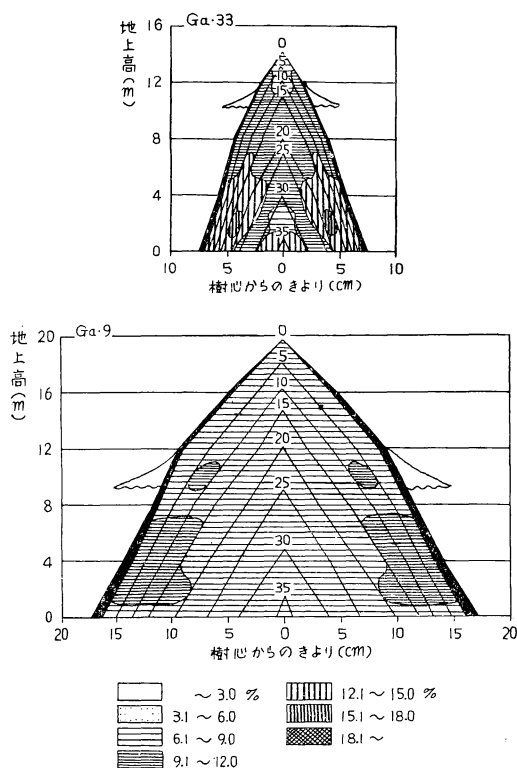


Fig. 2a 容積収縮率の分布 (グイマツ)

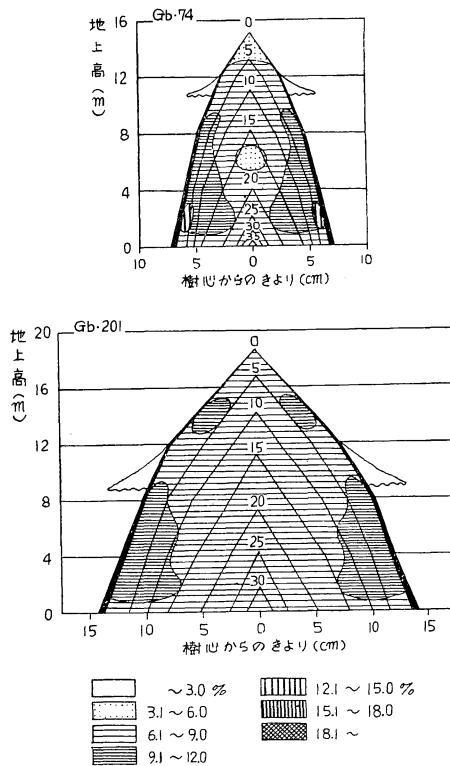


Fig. 2b 容積収縮率の分布 (トドマツ)

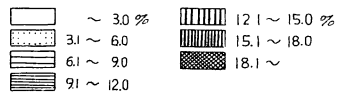
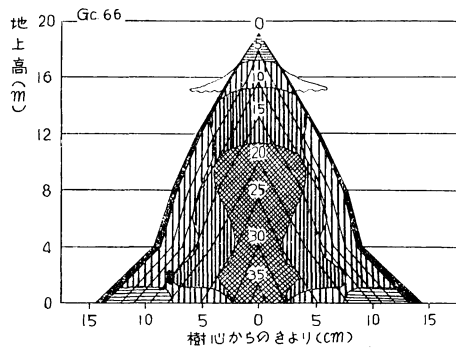
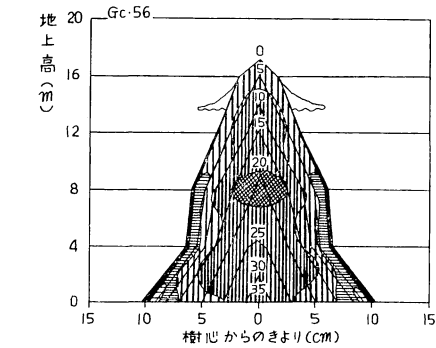


Fig. 2c 容積収縮率の分布 (ヤチダモ)

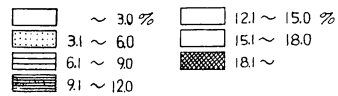
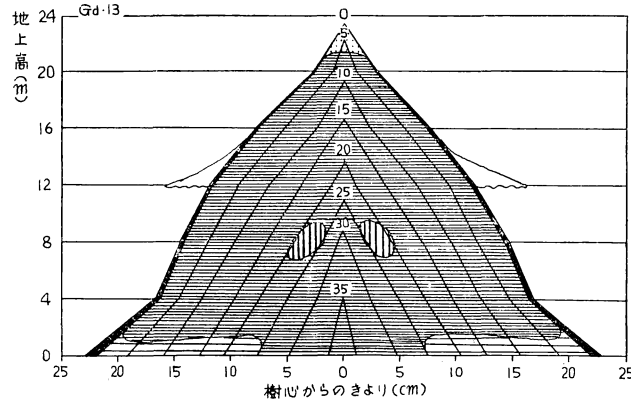
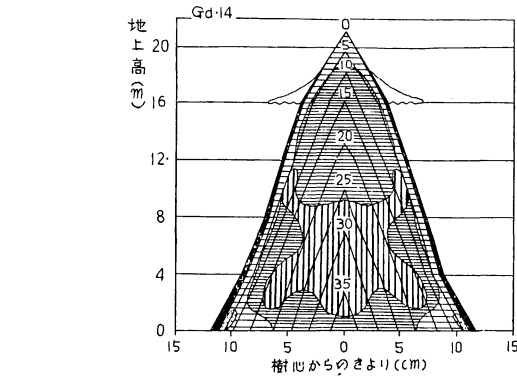


Fig. 2d 容積収縮率の分布 (ドロ)

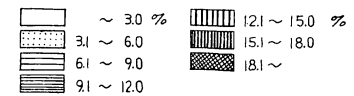
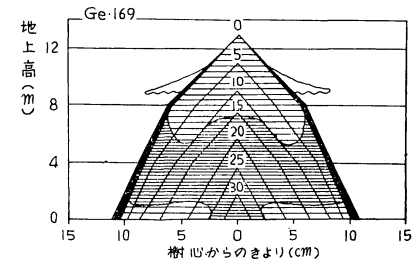
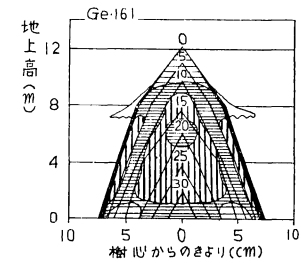


Fig. 2e 容積収縮率の分布 (エズマツ)

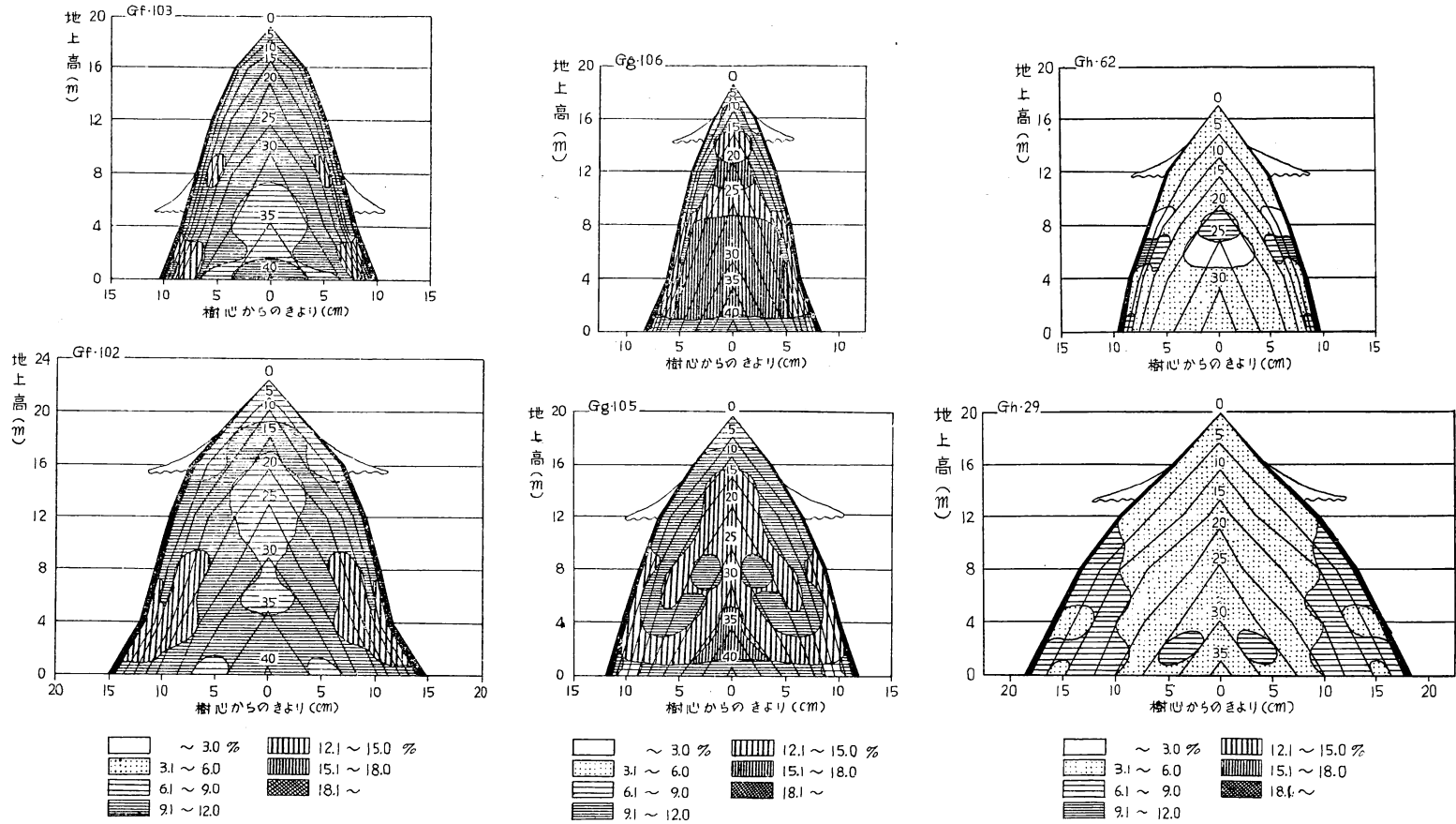


Fig. 2f 容積収縮率の分布 (シンシュウカラマツ) Fig. 2g 容積収縮率の分布 (オウシュウトウヒ) Fig. 2h 容積収縮率の分布(ストローブマツ)

このような収縮率のおおきさが幹のなかで分布している様子をみると Fig. 2a~h のようであつた。これは同一横断面・同一令階の4方向の測定値の平均収縮率を、半径成長量の4方向平均値によつて描かれた樹幹図上にのせてつくつたものである。これらの図をおおざっぱに観察すると、各樹種はかなり特徴的な収縮率の分布のしかたをしているようであり、また、同じ樹種内にあつては優勢木と劣勢木とで絶対値のちがいはあるけれども、比較的に似た相対的な分布のしかたであるようにおもわれる。数値的な検討はさておいて概略的な観察によれば、

グイマツでは、幹の下方外側に比較のおおきな収縮率があらわれ、その他の部分は一面によりちいさい。劣勢木ではさらに幹足の樹心部分に比較のおおきな収縮率があらわれ、梢端では比較的ちいさな収縮率が分布している (Fig. 2a)。

トドマツでは、グイマツのように幹の外側に比較のおおきな収縮率があらわれているが、これは枝下まで分布し、下方は地ぎわまでつづいてはいない。他の部分は幹の中央から地ぎわにかけて比較的ちいさい収縮率が分布している。劣勢木ではさらに梢端によりちいさな収縮率があらわれている (Fig. 2b)。

ヤチダモは幹足部の外側に比較的いちばんちいさな収縮率があらわれており、樹心部にちかづくにしたがつて層状に順次おおきな収縮率にうつっていく。全体としては非常におおきな収縮率が分布している (Fig. 2c)。

ドロでは幹足部の外側と梢端の部分に比較的ちいさな収縮率があらわれ、幹の中央部分において比較のおおきい収縮率がみられるが、その他の大部分にはその中間ぐらいのおおきさの収縮率が分布している (Fig. 2d)。

エゾマツは幹足の外側部分と樹冠のなかで収縮率がよりちいさく、幹の中間部分ではよりおおきい。劣勢木ではさらにその中央部分と最外側部にもつとおおきい収縮率が分布している (Fig. 2e)。

シンシュウカラマツは幹の下方外側でいちばんおおきく、その他の部分はよりちいさい収縮率をしめすが、幹の中央部と梢端（優勢木）ではさらにちいさい収縮率が分布している (Fig. 2f)。

オウシュウトウヒでは、地ぎわの部分および樹冠のなかとそのちかくの周辺部分で比較的ちいさく、幹の中間部はよりおおきい収縮率をしめし、その中央にはさらによりおおきな収縮率が分布しており、梢端でもつともちいさい。全体としてはかなりおおきな収縮率でしめられている (Fig. 2g)。

ストロブマツは幹の下方外側にややおおきい収縮率が分布しているが、他の部分は全面的にちいさな収縮率で、全体としては大へんちいさな収縮率でしめられている (Fig. 2h)。

このような分布様式をもつ全樹種を大別して、幹の外側部分よりも中央部分のほうによりちいさな収縮率が分布しているものと、幹の外側部分よりも中央部分のほうによりおおきな収縮率が分布しているものとにわければ、グイマツ、トドマツ、シンシュウカラマツ、ストロブマツなどが前者にぞくし、ヤチダモ、ドロの広葉樹種とエゾマツ、オウシュウトウヒなどが後者にぞくした。*Larix* 系のグイマツとシンシュウカラマツとは絶対値のおおきさはちがうけれども、幹の下方外側におおきな収縮率が分布し、樹冠のなかおよび樹冠下の中央部分によりちいさい収縮率が分布しているという点で類似しており、また *Picea* 系のエゾマツとオウシュウトウヒとは幹足および梢端で収縮率がちいさく、幹の中間部分でおおきくその中央部分ではさらにおおきいという分布のしかたの点で類似している。また、収縮率の分布状態の特徴が全樹種をつうじて、樹冠のなか、樹冠の下付近の幹の部分、および枝下（またはその中間ごろ）から幹足にかけての外側の部分、ならびに幹足部分などにおける収縮率の大小であらわれてくるようで、幹の成

長にともなう樹冠の位置の変動がつくりだす幹のなかの部分と材料的な性質とにあるいは因果関係があるかも知れないと考えられる。容積密度数の幹のなかにおける分布のしかたと、このような成長にともなう変化については第 11 報で観察したが、一律的ではないとしても、これに関連して収縮率分布の変動もまた当然かんがえられるとおもう。

2. 容積収縮率と容積密度数

容積収縮率 ($\alpha_v\%$) と容積密度数 ($R \text{ kg/m}^3$) または比重との関係については今日までに多くの研究があり、この両者が比例的な関係にあることが一般に言われている。NEWLIN・WILSON の有名な実験式 $\alpha_v = a \times R$ では係数 a がおおくの樹種をつうじて 28 で代表されるとしている。この報告でとりあつた 8 樹種のすべての試験片 (樹幹ぜんたいからほぼ均等な機会で採られている) がしめした値から、容積密度数の級間隔ごとの平均値をもとめて、容積収縮率と容積密度数との関係を図示すると Fig. 3 のようであつた。測点につけてある数字は測定数であり、これらの試験片の容積密度数のおおきさは図にかきいれてあるような樹種べつの頻度曲線をしめた。この図によると、だいたい容積収縮率 α_v は 26 R と 28 R の直線のちかくに配列されているようで、R のちいさいほうでは 28 R に、R のおおきいほうでは

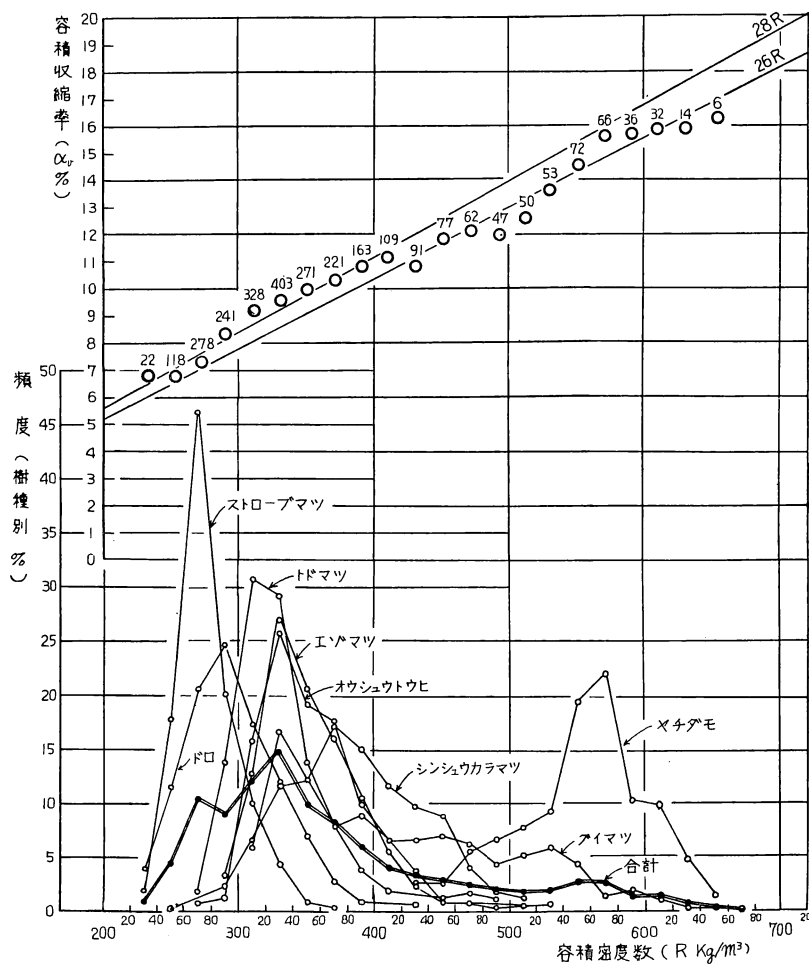


Fig. 3 容積密度数と容積収縮率

Table 4. 容積密度数に対する容積収縮率の出現比較度数 %（針葉樹材6種の合計）

容積収縮率 (%)	容積密度数 (kg/m ³)	~ 2	~ 3	~ 4	~ 5	~ 6	~ 7	~ 8	~ 9	~ 10	~ 11	~ 12	~ 13	~ 14	~ 15	~ 16	~ 17	~ 18	測定 数
260	260	3.6	3.6	9.6	26.5	33.7	15.7	4.8	0.0	0.0	2.4								83
300	300	0.6	2.6	6.6	11.7	19.2	29.2	15.5	5.2	3.4	4.9	0.9	0.3						349
340	340		0.3	0.5	0.5	3.7	9.9	17.3	16.7	17.5	13.3	9.1	4.1	2.4	1.8	1.1	1.3	0.5	617
380	380		0.2	0.0	0.7	2.6	4.4	8.3	13.4	14.7	20.2	18.6	9.4	3.5	1.5	1.3	0.9	0.2	456
420	420				0.7	0.7	1.9	6.0	7.9	15.7	15.7	19.5	18.0	10.4	1.9	0.4	0.7	0.4	267
460	460					1.4	2.1	0.7	5.5	10.3	16.4	19.2	18.5	21.9	4.1				146
500	500				2.9	2.9	0.0	0.0	4.4	7.4	8.8	23.5	33.8	13.2	2.9				68
540	540					3.7	3.7	1.9	0.0	9.3	16.7	14.8	20.4	20.4	9.3				54
580	580							4.0	4.0	0.0	12.0	8.0	24.0	20.0	24.0	4.0			25
620	620							6.3	6.3	0.0	6.3	6.3	12.5	31.3	25.0	6.3			16
660	660																		
680	680																		
計		0.2	0.7	1.6	3.4	6.5	10.0	10.7	10.3	11.9	13.0	11.7	8.3	6.5	2.8	1.3	0.7	0.2	2,081

26R によりちかいようにみえ、またこれは R 軸にたいして上に凸のふたつの曲線的な配列をなしているようにも見える。R の頻度曲線と対応させてみると、このふたつの部分は R=400~450 kg/m³ ぐらいをさかいめとしており、R のちいさいほうは大部分が針葉樹材であり、R のおおきいほうは広葉樹材が主である。

$\alpha_v = a \times R$ なる関係は多くの測定値から求められた実験式で、この報告での試料では、おなじ容積密度数にたいしてしめされる収縮率の巾は相当なはんいに分散している。これらの平均的な数値は $\alpha_v = a \times R$ にちかいものをあたえているが、容積密度数の級間隔に対応する容積収縮率の度数分布はおどろくべきひろい巾をもつていて、直線的な関係をうたがわしめるに足る状態をしめた。Table 4 は針葉樹材6種の合計について容積密度数の級間隔ごとに容積収縮率の出現度数をもとめたものである。収縮率のモードは容積密度数を増すにしたがつておおきくなっているが、容積密度数が 500 kg/m³ ぐらいになるとモードはあまり変化しない。収縮率の分散のはんいは、容積密度数の増加にともなつて、その下限のおおきさは増加していきわずかに 580 kg/m³ をこえてから減少しているが、上限のおおきさは 300 kg/m³ ぐらいで最大にたつし 400 kg/m³ をこえるとむしろ減少している。各級間隔の容積密度数に対応する容積収縮率の頻度曲線は、したがつて、容積密度数を増すにつれて左偏から右偏のものに移行しており、正常分布をしめす階級は極めてわずかで、容積密度数が 420 kg/m³ をこえてからは極端な右偏の分布をしめている。

容積収縮率とおもさとの関係は、したがつて、このようなかなり大きな巾をもちながらもおもさの増加にしたがつて収縮率も増加し、あるおもさまで達すると収縮率はほとんど増加しなくなり、さらにおもくなるとむしろ減少していくという関係にあるもののように思われる（この傾向については第2および4報でふれた）。ここにあげた針葉樹材6種の合計の例では、収縮率の増減方向の限界容積密度数は 400~450

kg/m^3 あたりにあるように考えられる。したがって、一般的な性質としての $\alpha_v = a \times R$ なる関係は樹種または材種によつてことなる a の値とともに、適合する R のはんいおよび α_v の変動の領域をつけくわえることによつて修正されなければならないと考える。

このような関係を樹種べつにみると、Fig. 4 にトドマツ・ゲイマツ・ヤチダモの例を図示したが、それぞれ特徴的な変化のしかたをもっているようである。これは Fig. 3 とおなじように容積密度数に対応する容積収縮率の平均値の配列をしめすもので、測点の数字は測定数をしめしている。Fig. 3 で平均化

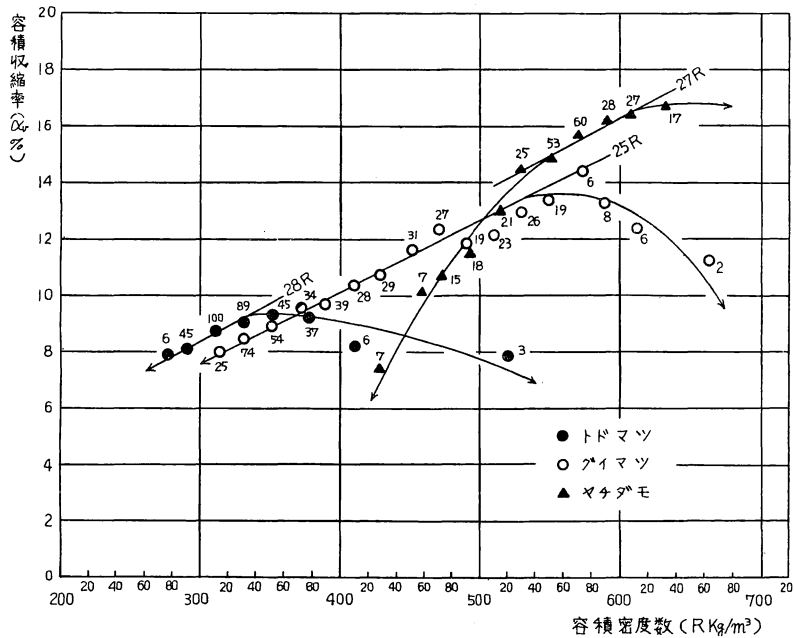


Fig. 4 容積密度数と容積収縮率との関係 (樹種によるちがいの例)

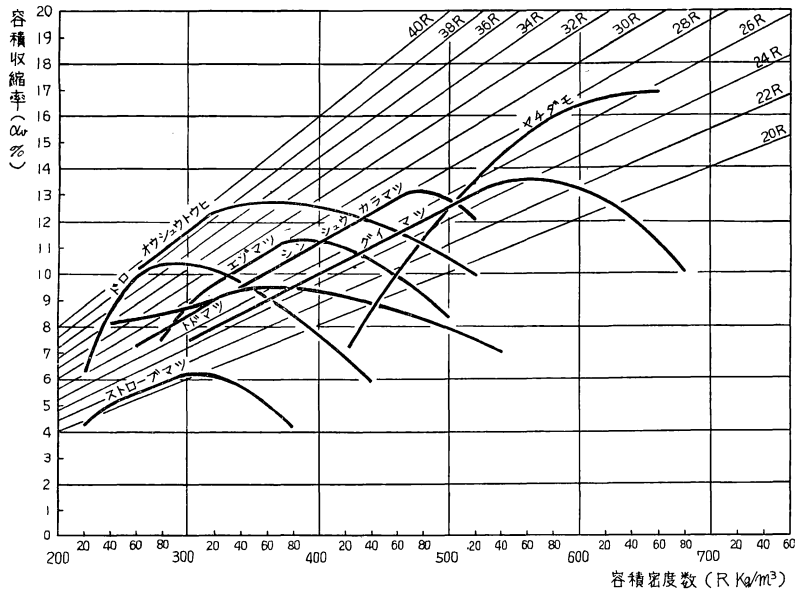


Fig. 5 各樹種における容積密度数と容積収縮率との関係

されてしまった樹種によるちがいは、Table 4 にみられた傾向をそれぞれの樹種的な特性としてもちながら変化しているものとおもわれ、各樹種ともけつして一律的な直線としての配列をもたずに、それぞれ固有の限界をもつて直線的配列からはずれていく傾向があきらかであつた。観察に供したすべての樹種について、 $a = \alpha_v/R$ の値を各容積密度数にたいする容積収縮率からもとめて表示すると Table 5 のようになつて、すべての樹種がそれぞれの比較的直線的とみなされる部分とこれからはずれる部分とから成り立

Table 5. 容積密度数にたいする α_v/R の配列

樹 種	グイマツ	トドマツ	エゾマツ	シ シ ユ ウ カ ラ マ ツ	ン ユ ウ ト ウ ヒ	オ シ ユ ウ ト ウ ヒ	ス ト ロ ー マ ツ	ヤチダモ	ド ロ
供試木本数	3	3	2	2	2	2	3	2	2
供試片数	450	331	184	405	307	423	278	382	
R 階 (kg/m^3)									
240							19		35
260							21		38
280		28		34		39	22		38
300		28	27				20		36
320	25	28	28	30		40	21		33
340	26	27	30	29		36	18		30
360	25	27	31	28		33	12		27
380	26	24	31	28		31			
400	25		30	28		29			
420	25	20	25	28		30			22
440	25			27				18	
460	26		21	27				22	
480	26			28		28		23	
500	24			27				24	
520	24	15		23				25	
540	25							28	
560	24							27	
580	25							28	
600	23							28	
620	20							27	
640	18							26	
660									
680									
総平均 (連続部分)	25 (25)	27 (28)	29 (30)	28 (28)		34 (39)	21 (21)	26 (27)	34 (38)

注：太字は 3 の巾で連続している部分、総平均は試片数をおもとするもの

Table 6. 容積密度数と容積収縮率との関係における容積密度数の樹種べつ特異点

順 位	Tangent 上昇		直 線 的		Tangent 下降	
	始 点	巾	始 点	巾	始 点	巾
	樹 種 kg/m^3	樹 種 kg/m^3	樹 種 kg/m^3	樹 種 kg/m^3	樹 種 kg/m^3	樹 種 kg/m^3
1	ド ロ 220	ド ロ 20	ド ロ 240	ド ロ 40	ド ロ 280	シンシュウカラマツ 20
2	ストロ－ブマツ 220	ストロ－ブマツ 20	ストロ－ブマツ 240	オウシュウトウヒ 60	ストロ－ブマツ 320	ヤ チ ダ モ 40
3	エ ゾ マ ツ 280	エ ゾ マ ツ 40	オウシュウトウヒ 260	ストロ－ブマツ 80	オウシュウトウヒ 320	ストロ－ブマツ 60
4	ヤ チ ダ モ 420	ヤ チ ダ モ 100	ト ド マ ツ 260	エ ゾ マ ツ 80	ト ド マ ツ 360	エ ゾ マ ツ 100
5	*	*	グ イ マ ツ 300	ト ド マ ツ 100	エ ゾ マ ツ 400	グ イ マ ツ 100
6			エ ゾ マ ツ 320	ヤ チ ダ モ 100	シンシュウカラマツ 500	ド ロ 160
7			シンシュウカラマツ 320	シンシュウカラマツ 180	グ イ マ ツ 580	ト ド マ ツ 180
8	(シンシュウカラマツ 240)**	(シンシュウカラマツ 80)**	ヤ チ ダ モ 520	グ イ マ ツ 280	ヤ チ ダ モ 620	オウシュウトウヒ 200

* 他の樹種にはこの部分なし, ** シンシュウカラマツのみは下降

っていることが知られた。

このような各樹種について実測値からもとめた α_n と R との関係図をとりまとめて図示すると Fig. 5 のごとくになる。図からもあきらかなように、だいたい直線的とみなされる部分の tangent がいちばん大きい樹種はオウシュウトウヒの約 39 で、最も小さいのはストロブマツの約 21 であつて、これらのあいだを大きいほうから、ドロ (38), エゾマツ (30), トドマツ (28), シンシユウカラマツ (28), ヤチダモ (27), ギイマツ (25) の順でならんでいる。直線的部分の下端 (R の小さいほう) では、ドロ, エゾマツ, ストロブマツ, ヤチダモが容積密度数の増加にともなつて tangent が上昇しており、オウシュウトウヒ, トドマツ, ギイマツは直線的なままで、シンシユウカラマツだけは tangent が下降している。また、直線的部分の上端では容積密度数の増加にともなつてすべての樹種において tangent が下降している。これらの直線的な部分およびその両端の tangent が上昇または下降している部分の容積密度数のはんいを、樹種べつにとりまとめると大よつぎのようであつた。

ギイマツ : R のはんい (300~680 kg/m^3), 直線的 $\approx 25R$ (300~580), 下降 (580~680), シンシユウカラマツ : R のはんい (240~520), 直線的 $\approx 28R$ (320~500), 下降 (240~320 および 500~520), エゾマツ : R のはんい (280~500), 上昇 (280~320), 直線的 $\approx 30R$ (320~400), 下降 (400~500), オウシュウトウヒ : R のはんい (260~520), 直線的 $\approx 39R$ (260~320), 下降 (320~520), トドマツ : R のはんい (260~540), 直線的 $\approx 28R$ (260~360), 下降 (360~540), ストロブマツ : R のはんい (220~380), 上昇 (220~240), 直線的 $\approx 21R$ (240~320), 下降 (320~380), ヤチダモ : R のはんい (420~660), 上昇 (420~520), 直線的 $\approx 27R$ (520~620), 下降 (620~660), ドロ : R のはんい (220~440), 上昇 (220~240), 直線的 $\approx 38R$ (240~280), 下降 (280~440)。

したがつて、これらの容積密度数のおおきさはその収縮変形のしかたに関して樹種によつてそれぞれ特性的な意味をもつものと解されることになるが、それらの限界値および変動の巾を一覧表にして容積密度数のおおきさの順にしたがつて樹種べつの順位をもとめると Table 6 のようになる。この表からはこれらの値の樹種的な特徴は植物分類的な特徴と一致しては類型化されえないように思われる。容積密度数と容積収縮率とが直線的な関係で変化するものを、材料的なとりあつかい易さの点で正常な材質と仮定すれば、直線的でない他の部分は何らかの意味で異常材として考えられる。この部分が材の構造的な意味からどのようなちがひをもっているかについては別に論じられなければならないが、この試料でみとめられた容積密度数の出現領域にたいして直線的とみなされる部分が占める容積密度数はんいのわりあいは、ギイマツが 74%, シンシユウカラマツが 64% で *Larix* 系の樹種が最大をしめし、*Picea* 系のエゾマツは 36%, オウシュウトウヒは 23% で針葉樹種中の最小にちかく、また *Pinus* 系のストロブマツは 50%, *Abies* 系のトドマツは 36% で中ぐらゐであつた。広葉樹種ではヤチダモが 42% で中位、ドロはわずかに 18% で最小であつた。

3. 優勢木と劣勢木

容積密度数と容積収縮率との関係を、容積密度数の変化に対応する α_n/R の値の変化でみると Table 7 のような結果をしめした。 α_n と R との関係が直線的な部分のみから成り立つておらず、tangent が上昇または下降する部分のあることは優・劣勢木ともに樹種べつにみた場合 (Table 5, Fig. 5) とおなじであつたが、直線的とみなされる部分の tangent は優・劣勢木で近似している樹種とそうでない樹種とがあつた。優・劣勢木でこの値が似ているものとしては、ギイマツ (25), トドマツ (27) などがあり、

Table 7. 容積密度数にたいする

樹 種	グ イ マ ツ		ト ド マ ツ		エ ズ マ ツ		シンシユウカラマツ				
供 試 木	優・Ga 9	劣・Ga 33	優・Gb201	劣・Gb 74	優・Ge 169	劣・Ge 161	優・Gf 102	劣・Gf 103			
供試片数	178	114	117	96	90	94	241	164			
R 階 (kg/m³)											
240											
260											
280			24	30			35				
300			27		28	24		33			
320	25		28	28	29		30	29			
340	26		26	28	28	32	29	28			
360	25	29	24	27	27	34	26	30			
380	24	29	26	23	29	33	26	30			
400	25	28	27	23	25	33	27	30			
420	24	24			26	29	27	29			
440	25	25			24	20	27	26			
460		26			20		28	26			
480		25					28	22			
500		26		15			26				
520		24					27				
540		26									
560		24									
580		25									
600		22									
620		20									
640		18									
660											
680											
総平均 (連続部分)	25 (25)	25 (25)	27 (27)	26 (27)	27 (28)	31 (33)	27 (27)	28 (29)			

優勢木のほうが劣勢木よりもおおきい値をしめしたものとしては、ストロブマツ (21—17), ヤチダモ (28—27), また, 劣勢木のほうが優勢木よりもおおきい値をしめした樹種としては, エゾマツ (28—33), オウシユウトウヒ (36—41), シンシユウカラマツ (27—29), ドロ (36—40) などがあつた。また, 容積密度数の出現はんいはグイマツ以外はかなり優・劣勢木で接近しており, 直線的部分のはんいも相当に符合しているようにみえる。容積密度数の増加にともなう tangent の変化は, 直線的な部分をこえる上端では下降をしめしていて樹種べつにみた場合とおなじであつたが, その下端では, グイマツ, トドマ

α_v/R の配列（優・劣勢木べつ）

オウシユウトウヒ		ストローブマツ		ヤチダモ		ド　　ロ	
優・Gg105	劣・Gg106	優・Gh 29	劣・Gh 62	優・Gc 66	劣・Gc 56	優・Gd13	劣・Gd14
185	122	175	105	148	130	202	160
			19			34	35
		22	17			31	41
	} 40	22	18			37	40
37		20	16			35	37
37	42	20	18			32	33
35	40	} 14	13			31	27
33	33		} 12			28	24
30	31					} 23	} 21
30	29						
31	30						
} 27	} 28			} 22	17		
					23		
				23	23		
				25	23		
				} 29	26		
					26		
				27	27		
				28	28		
				27	28		
				28	26		
				} 24	} 29		
33 (36)	34 (41)	21 (21)	17 (17)	27 (28)	26 (27)	33 (36)	35 (40)

ツ、ストローブマツなどの劣勢木でもやはり下降の傾向があるようで、これは樹種べつにみた場合の結果（シンシユウカラマツをのぞいて上昇または直線的なまま）とすこしことなっている。これらはしかし頻度のすくない値からの類推で一般的なものではないかも知れないが、総じて優勢木と劣勢木とは容積密度数——容積収縮率の関係が、程度の差はべつとしてかならずしもおなじ系列にあるとはかぎらないらしい。

各樹種の優・劣勢木べつにえられた測定値から平均収縮率のおおきさを求めて比較すると Table 8 のようになった。これによれば、ストローブマツとヤチダモの2樹種以外ではすべて劣勢木のほうが優勢木

Table 8. 容積収縮率の優・劣勢木べつ平均値

樹 種	優 勢 木 (%)					劣 勢 木 (%)					算術平均 100× 優/劣
	供試木	測定数	算術 平均	標準 偏差	モード	供試木	測定数	算術 平均	標準 偏差	モード	
グ イ マ ツ	Ga 9	178	8.6	0.6	8~9	Ga 33	114	11.7	1.2	11~14	74
ト ド マ ツ	Gb 201	117	8.4	0.7	7~8	Gb 74	96	8.8	0.6	11~12	95
エ ズ マ ツ	Ge 169	90	9.4	0.9	9~11	Ge 161	94	11.2	1.5	11~12	84
シンシユウカラマツ	Gf 102	241	10.7	1.3	10~11	Gf 103	164	10.8	1.2	10~11	99
オウシユウトウヒ	Gg 105	185	11.6	0.9	11~12	Gg 106	122	12.4	0.9	13~14	94
ストローブマツ	Gh 29	175	5.8	0.2	6~7	Gh 62	105	4.7	0.4	4~6	123
ヤ チ ダ モ	Gc 66	148	15.1	1.8	15~16	Gc 56	130	14.1	2.5	15~16	107
ド ロ	Gd 13	202	9.9	0.7	10~11	Gd 14	180	10.1	0.9	10~11	98

よりもおおきい。これは同一樹種内で容積収縮率のおおきさに第一義的な役割をもつてであろう容積密度数が、劣勢木において優勢木におけるよりも大部分の樹種についてより大きいまたは近似的であつたこと（第 11 報を参照）と、 $\alpha_v = a \times R$ の関係で a の値がストローブマツとヤチダモをのぞいてつねに劣勢木 $\geq$ 優勢木であつたためであると思われる。ドロのごときは容積密度数は優勢木のほうがかなり大きいのであるが、 a の値は劣勢木のほうがずっとおおきく結果的には劣勢木収縮率がややまさることになった。これに反して、ストローブマツとヤチダモでは、容積密度数が優勢木でまさっているうえに a の値もまた優勢木のほうが大であるので、容積収縮率は優勢木が劣勢木をしのぐ大きさをしめしたものと考えられる。しかし、優勢木と劣勢木との平均収縮率のおおきさのちがいは、グイマツ、エズマツ、ストローブマツなどでは相当のひらきがあるけれども、トドマツ、シンシユウカラマツ、オウシユウトウヒ、ヤチダモ、ドロなどではそれほど大きな差はなくむしろ近似的である。これは優勢木と劣勢木とがもつ R および a のおおきさの大小関係の組合わせによつて相殺された結果であろうと思われる (Fig. 6 参照)。

平均容積収縮率のおおきさの樹種間のちがいは、優勢木においては最小ストローブマツの約 6% からトドマツ、グイマツ、エズマツ (以上 7~9%)、ドロ、シンシユウカラマツ、オウシユウトウヒ (以上 10~12%) の順に大きくなり、最大ヤチダモの約 15% にいたる。劣勢木においては最小ストローブマツの約 5% と最大ヤチダモの約 14% は優勢木の順位と符合しているが、他の樹種はその間でかならずしも優勢木と同位ではない。しかし、それらはかなり似かよつた値のようで、優勢木の 7~9% のグループにはいるグイマツとエズマツとが劣勢木では 10~12% のグループにはいつたにすぎないちがいであつて、大体において、ストローブマツとトドマツが収縮率のちいさなグループにぞくし、ヤチダモとオウシユウトウヒが大きなグループに、また、ドロ、エズマツ、グイマツ、シンシユウカラマツが中ぐらゐなグループにぞくするものといえるようである。

優勢木と劣勢木とのあいだの、このような容積収縮率のちがいをさらに出現度数分布のうえからみると Fig. 6 のようであつた。各樹種ごとに優勢木と劣勢木とがあたえた収縮率の頻度曲線は、第 11 報で観察した優・劣勢木の容積密度数の頻度曲線の比較にかなり似かよつたかたちをしめした。優勢木と劣勢木とで $\alpha_v = a \times R$ の関係の a の値がおなじであるとすれば、容積収縮率の頻度曲線は容積密度数の頻度曲線と相似的な形となり、その交点も相似的な位置にしめされなければならない。しかし a の値は優・劣勢木でことなる場合が多いから、容積収縮率の頻度曲線の交点は容積密度数のそれとズレを生ずる筈である。そして容積密度数の観察にさいしてその交差点が樹種に特有な容積密度数のあらわれかたとしての特

異点であろうと考えたように、収縮率の頻度曲線の交差点もまた同様の意味をもつ特異点として考えれば、この限界をなす容積収縮率の大体の値は Table 9 のようになり、容積密度数の頻度曲線の交差点に対応する収縮率を Fig. 5 から求めると、Fig. 6 から求められた限界収縮率とわりあいよく一致した。したがって、ガイマツ、トドマツ、エゾマツ、オウシュウトウヒ、ドロなどではこれ以上の大きな収縮率は劣勢木により多くあらわれやすく、これ以下のちいさな収縮率は優勢木のほうによりあらわれやすいということになり、また、ストロブマツ、ヤチダモなどではそれと反対である。しかし、シンシュウカラマツやヤチダモでは両者がかなり近似的ではつきりした限界点は類推できないし、トドマツ、オウシュウトウヒ、ドロなどは両側に劣勢木がこえる部分をしめして、この限界点がより一般的なものとして確かめられるかどうかかわからない。

4. 地上高

地上高にたいする平均容積収縮率の変化を各樹種について優勢木・劣勢木べつ

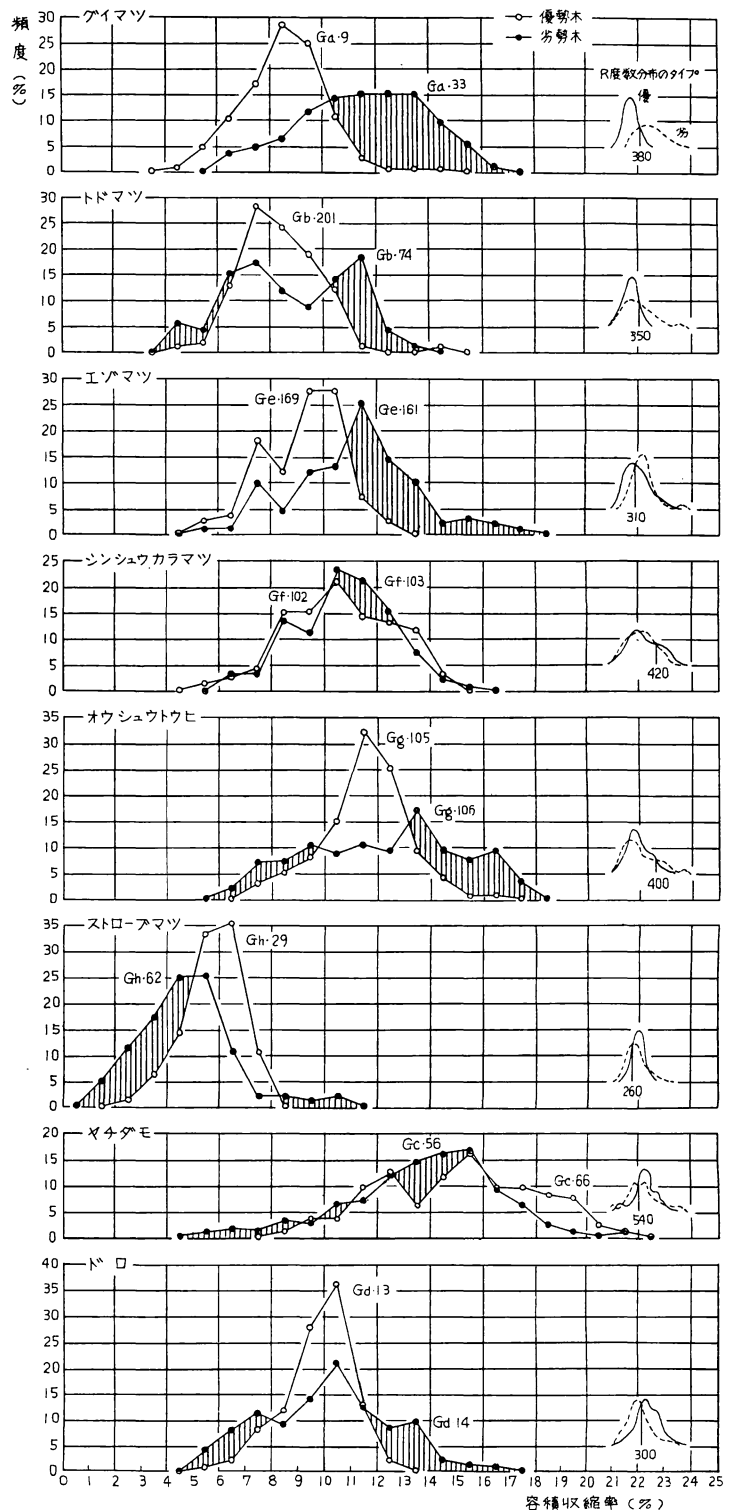


Fig. 6 容積収縮率の出現度数分布の優勢木と劣勢木とのちがいを

Table 9. 優・劣勢木の容積収縮率のあらわれ方の限界点

樹 種	限界容積収縮率 (%)			限界容積密度数 (kg/m^3)		
	α_n	これより大きな収縮率がより多くあらわれやすいもの	R*	これより大きなRがより多くあらわれやすいもの	限界Rに対応する α_n **	
グ イ マ ツ	10	劣 勢 木	380	劣 勢 木	10	
ト ド マ ツ	10	劣 勢 木	350	劣 勢 木	9	
エ ゾ マ ツ	11	劣 勢 木	310	劣 勢 木	9	
シンシュウカラマツ	—	—	420	優 勢 木	12	
オウシュウトウヒ	13	劣 勢 木	400	劣 勢 木	12	
ストロブマツ	5	優 勢 木	260	優 勢 木	5	
ヤ チ ダ モ	16	優 勢 木	540	優 勢 木	15	
ド ロ	11	劣 勢 木	300	優 勢 木	10	

* 第 11 報から, ** Fig. 5 からとめた。

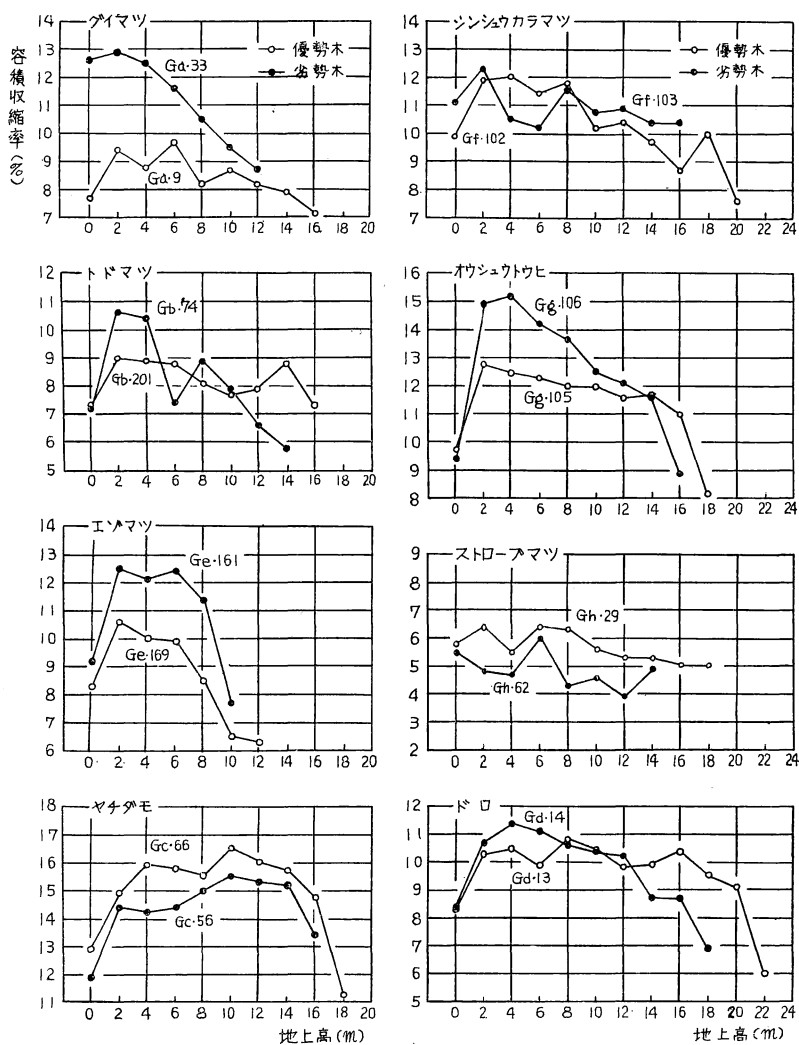


Fig. 7 地上高による平均容積収縮率の変化

にもとめると Fig. 7 にしめすようになった。不規則性はあるが、大体どの樹種も優・劣勢木ともに地上高の増加方向にたいして容積収縮率が上に凸の変化をしているようで(ストロブマツの劣勢木をのぞく)、程度の差はあるがほとんどすべて地上高がますにつれて収縮率は増加し、ある高さをこえると収縮率はちいさくなってあらわれる。この最大値をしめた高さは Table 10 のようで、概して針葉樹材ではかなりひくくて 2~4m ぐらいであり、広葉樹材ではもつと高くヤチダモが 10m ぐらい、ドロが 4~8m ぐらいであつた。一方、容積密度数の地上高にたいする平均変化は Table 11 にみられるようであつて、容積収縮率の平均変化のあらわれかたと対照的ではなかつた。大体において、地上高が増すにつれて容積密度数が減少していく傾向のもの(ゲイマツ劣勢木)、増加してのち減少していく傾向のもの(ゲイマツ優勢木・シンシユウカラマツ優勢木・オウシユウトウヒ劣勢木)、減少してのち増加していく傾向のもの(トドマツ優・劣勢木・シンシユウカラマツ劣勢木・オウシユウトウヒ優勢木・ストロブマツ優・劣勢木)および増加していく傾向のもの(エゾマツ優・劣勢木・ヤチダモ優・劣勢木・ドロ優・劣勢木)などがあつて一律的ではないが、全樹種を概観すれば、針葉樹種では地上高の増加にともなつて容積密度数が減少(のち増加)の傾向がつよく、広葉樹種では逆に増加(のち減少)の傾向がつよいようであつた。

これらの容積密度数と収縮率との地上高にたいする平均変化から $\alpha_n = a \times R$ なる関係を類推すると、同一の幹の中なかでもこの関係がおなじ系列になることがうかがえる。 $a = \alpha_n / R$ の値を、各樹種の優勢木と劣勢木について地上高ごとに平均してみると Fig. 8 のような変化をしめた。これを概観すると、 α_n / R の平均値はほとんどすべての樹種および優・劣勢木で地上高の増加方向にたいして上に凸の変化をしていることが知られた。したがつて、容積密度数の地上高による相当に一律的でない変動にもかかわらず、容積収縮率は容積密度数のおおきさの割合に幹の

Table 10. 最大の平均収縮率があらわれる地上高

種 種	最大 α_n の地上高 (m)	
	優 勢 木	劣 勢 木
ゲ イ マ ツ	6	2
ト ド マ ツ	2	2
エ ズ マ ツ	2	2
シンシユウカラマツ	4	2
オウシユウトウヒ	2	4
ストロブマツ	2	(6)
ヤ チ ダ モ	10	10
ド ロ	8	4

Table 11. 地上高にたいする容積密度数の平均変化 (kg/m^3)

供試木		地上高 (m)	0.0	2.2	4.2	6.2	8.2	10.2	12.2	14.2	16.2	18.2	20.2	22.2
ゲ イ マ ツ	優Ga 9	351	350	353	349	337	339	327	322	325				
	劣Ga 33	569	481	468	420	412	391	401						
ト ド マ ツ	優Gb201	329	314	309	305	310	322	315	317	342				
	劣Gb 74	388	326	319	324	326	310	319	359					
エ ズ マ ツ	優Ge169	340	351	372	334	350	354	447						
	劣Ge161	349	367	365	363	346	373							
シンシユウカラマツ	優Gf102	397	409	405	399	393	379	382	372	364	356	360		
	劣Gf103	407	379	383	372	376	344	381	417	358				
オウシユウトウヒ	優Gg105	349	346	342	356	347	346	346	356	364	367			
	劣Gg106	364	395	372	372	361	356	368	360	344				
ストロブマツ	優Gh 29	291	271	271	268	275	273	275	292	275	280			
	劣Gh 62	295	254	270	255	254	271	288	278					
ヤ チ ダ モ	優Gc 66	501	560	566	565	569	583	592	617	635	617			
	劣Gc 56	504	542	513	532	573	570	574	579	580				
ド ロ	優Gd 13	262	280	294	305	306	315	334	325	346	355	356	371	
	劣Gd 14	254	266	268	276	282	294	309	322	375	363			

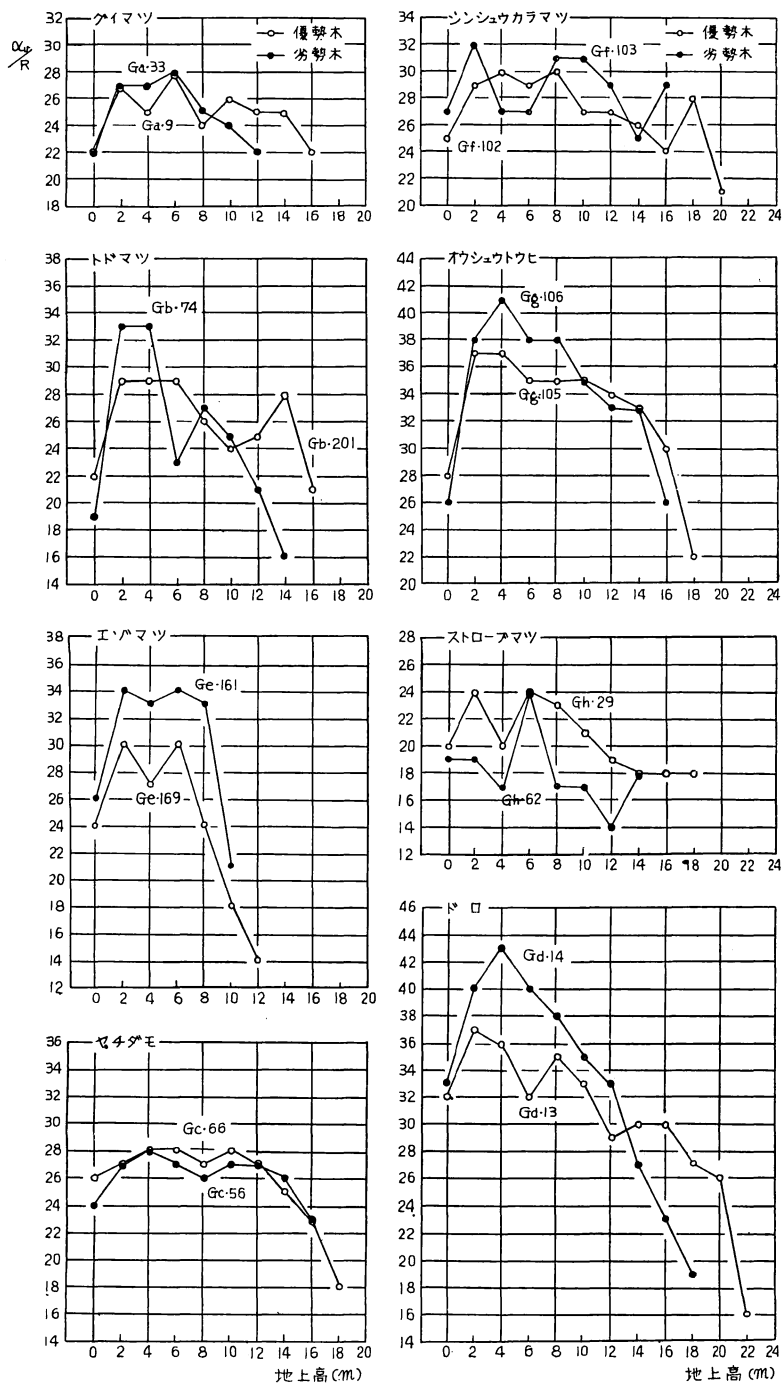


Fig. 8 地上高にたいする α_p/R の平均変化

上方と下方ではよりちいさく、幹の中ほどでよりおおきくあらわれることになる。また、 α_v/R の値が劣勢木のほうが優勢木を上まわつて変化しているとみられる樹種にはエゾマツ、シンシュウカラマツ、オウシュウトウヒおよびドロがあり、優勢木のほうが劣勢木を上まわつて変化しているとみられる樹種にはストロブマツおよびヤチダモ（わずかに）があり、交錯してはつきりしない樹種にはグイマツおよびトドマツがあつた。これらのちがいはまえに容積密度数のおおきさに対応する α_v/R の変化を優勢木と劣勢木とで比較した結果（Table 7）と一致している。

地上高にたいして収縮率様式がこのように変化しているとみられる幹の部分、外視的な幹のかたちから、幹足の部分と枝下の部分および樹冠のなかの部分の3つに要約して、それぞれの平均収縮率を樹種と優・劣勢木べつにもとめると Table 12 のようになって、ほとんどすべての樹種で枝下材がいちばん大きい収縮率をしめた。グイマツとストロブマツの劣勢木だけが地ぎわ材に最大値をしめたが、これは枝下材との差はわずかであつた。最小値は優勢木ではグイマツ、トドマツ、オウシュウトウヒ、ヤチダモ、ドロの地ぎわ材に、また劣勢木ではエゾマツ、オウシュウトウヒ、ヤチダモの地ぎわ材にあらわれ、他のものでは樹冠材にあらわれ半々で一律的ではなかつた。これらの材部の容積密度数のあらわれかたについてはまえに観察したが（第11報を参照）、その α_v/R の値の変化をみると Table 13 にしめすように、これも当然最大値は枝下材にあらわれており、最小値は区々であつた。この枝下材の部分がしめた容積密度数に対する容積収縮率のわりあい、さきにみた優・劣勢木べつの容積密度数にたいする α_v/R の変化の系列のなかの直線的とみなされた部分の値に、それぞれ一致しているか、またはきわめてわずか

Table 12. 地ぎわ材、枝下材および樹冠材の平均容積収縮率（%）の比較

樹 種	優 勢 木				劣 勢 木			
	供試木	地ぎわ材	枝下材	樹冠材	供試木	地ぎわ材	枝下材	樹冠材
グ イ マ ツ	Ga 9	7.7	9.1	8.2	Ga 33	12.6	12.1	9.2
ト ド マ ツ	Gb 201	7.3	8.7	8.0	Gb 74	7.2	9.2	6.2
エ ズ マ ツ	Ge 169	8.3	10.0	6.4	Ge 161	9.2	12.3	10.5
シンシュウカラマツ	Gf 102	9.9	11.2	8.9	Gf 103	11.1	11.4	10.7
オウシュウトウヒ	Gg 105	9.7	12.3	11.2	Gg 106	9.4	13.9	10.6
ストロブマツ	Gh 29	5.8	6.0	5.1	Gh 62	5.5	4.8	4.2
ヤ チ ダ モ	Gc 66	12.9	16.8	13.0	Gc 56	11.9	14.7	14.6
ド ロ	Gd 13	8.3	10.4	9.6	Gd 14	8.4	10.6	8.1

Table 13. 地ぎわ材、枝下材および樹冠材の α_v/R の比較

樹 種	優 勢 木				劣 勢 木			
	供試木	地ぎわ材	枝下材	樹冠材	供試木	地ぎわ材	枝下材	樹冠材
グ イ マ ツ	Ga 9	22	26	25	Ga 33	22	27	22
ト ド マ ツ	Gb 201	22	28	25	Gb 74	19	29	18
エ ズ マ ツ	Ge 169	24	28	16	Ge 161	26	34	30
シンシュウカラマツ	Gf 102	25	28	26	Gf 103	27	30	28
オウシュウトウヒ	Gg 105	28	36	32	Gg 106	26	38	30
ストロブマツ	Gh 29	20	22	18	Gh 62	19	18	15
ヤ チ ダ モ	Gc 66	26	29	21	Gc 56	24	27	25
ド ロ	Gd 13	32	35	28	Gd 14	33	38	23

なちがいしかしめさなかつた。

5. 辺材と心材

辺材と心材べつの容積収縮率と容積密度数の算術平均値を比較すると Table 14 のごとくであつた。平均収縮率で辺材のほうが心材よりもおおきい樹種としてはグイマツ、トドマツ、シンシュウカラマツ、ストロブマツなどがあり、心材のほうが辺材よりもおおきい樹種としてはエゾマツ、オウシュウトウヒ、ヤチダモ、ドロなどがあつた。これらはモードでくらべても同じであつたが、収縮率のおおきさのちがいは、辺材>心材の樹種で辺材/心材の値をもとめると、ストロブマツ 111, グイマツ 109, トドマツ 109, シンシュウカラマツ 105 で 1 割以下くらいの比較的ちがいはないであり、また、心材>辺材の樹種で心材/辺材の値をみると、ヤチダモ 131, ドロ 123, オウシュウトウヒ 114, エゾマツ 112 で 1~3 割くらいのちがいがあつた。全樹種をつうじて針葉樹材では 1 割ぐらい、広葉樹材では 2~3 割ぐらいのひらきがみられた。これらの辺・心材収縮率のちがいは、辺・心材自体の性質としてのみではなく、容積密度数のおおきさの辺・心材によるあらわれ方のちがいにもよるものであることは当然であるが、容積密度数の平均的比較ではエゾマツとヤチダモをのぞけば他の樹種では全部辺材のほうが心材よりも大きくしめされた。したがつて、オウシュウトウヒやドロなどにおいては容積密度数のおおきさが辺材>心材であるのに収縮率のおおきさでは辺材<心材という結果になつて、辺・心材収縮率のおおきさは容積密度数のおおきさのみに依存するものではないらしいことが知られた。

同一の樹種の全測定値からもとめた容積密度数と容積収縮率の出現度数分布を比較例示すると Fig. 9 のようである。これはシンシュウカラマツとドロの場合の例であるが、容積密度数と容積収縮率の頻度曲線は辺材および心材それぞれについては相当よく似た形をしめしている。しかし、辺材と心材との曲線の

Table 14. 辺・心材べつ平均容積収縮率の比較

樹種	供試木 本数	試験 片数	容積収縮率 (%)				容積密度数 (kg/m³)			
			はんい	算術平均	標準偏差	モード	はんい	算術平均	モード	
辺材										
グイマツ	3	149	5~16	11.0	2.1	13~14	300~680	436	340~360	
トドマツ	3	129	5~14	9.3	0.4	10~11	280~420	340	320~340	
エゾマツ	2	104	4~18	9.8	1.3	7~8	280~460	346	320~340	
シンシュウカラマツ	2	141	5~16	11.1	1.0	11~12	340~520	413	380~400	
オウシュウトウヒ	2	143	5~15	11.1	0.7	11~12	320~520	373	360~380	
ストロブマツ	3	170	1~11	6.1	0.7	6~7	220~380	281	260~280	
ヤチダモ	2	181	4~18	13.2	1.9	14~15	420~660	536	540~560	
ドロ	2	156	4~13	8.8	0.9	9~10	220~400	302	280~300	
心材										
グイマツ	3	301	4~17	10.1	1.7	8~10	300~620	409	320~340	
トドマツ	3	202	4~15	8.5	0.5	7~8	260~540	322	300~320	
エゾマツ	2	80	4~17	11.0	0.8	9~10	280~500	365	320~340	
シンシュウカラマツ	2	264	5~15	10.5	1.1	10~11	240~520	370	320~340	
オウシュウトウヒ	2	164	5~18	12.6	0.5	12~13	260~480	336	320~340	
ストロブマツ	3	253	1~11	5.5	0.2	5~6	220~360	276	260~280	
ヤチダモ	2	97	4~22	17.3	0.7	17~18	500~660	579	560~580	
ドロ	2	226	6~17	10.8	0.5	10~11	220~440	292	280~300	

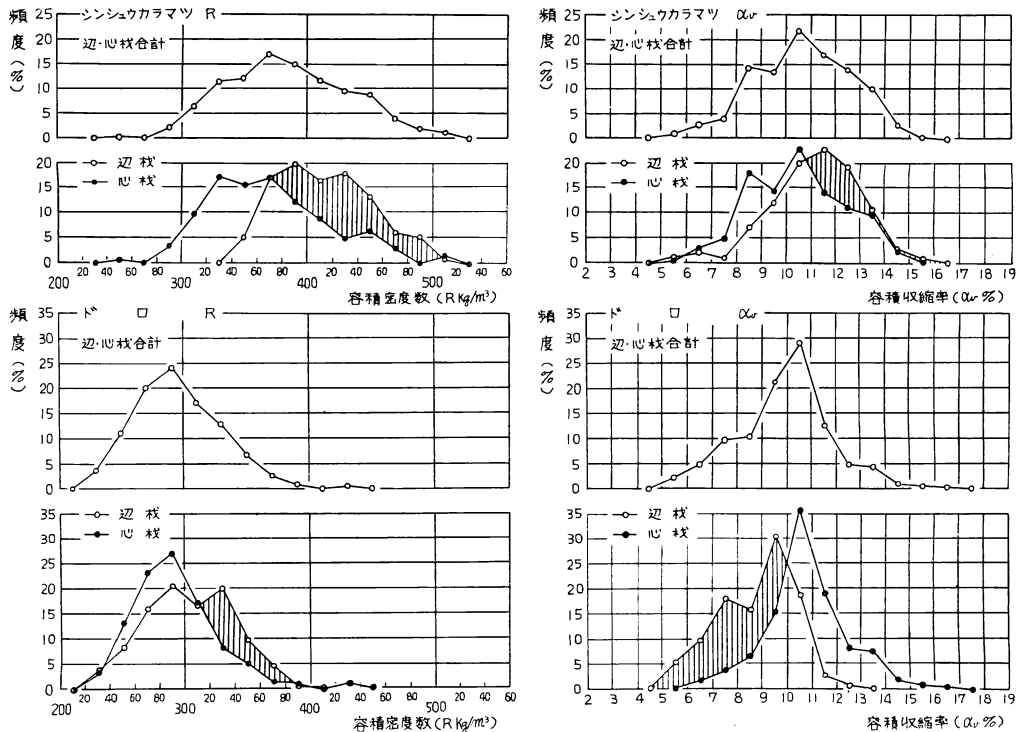


Fig. 9 容積密度数と容積収縮率の出現度数分布の比較

ズレは両者でかなりちがつてあらわれており、容積密度数の曲線のズレにくらべて収縮率の曲線のズレはシンシュウカラマツではより接近して、またドロではズレが反対側にうつつてしめされている。これは辺材と心材とがおなじ大きさの容積密度数にたいしても、ちがつた大きさの収縮率をもつ性質があるためであらうと理解される。

このようなちがいをもつた辺材と心材の α_v/R の値を容積密度数のおおきさに対応させてもめると Table 15 のようで、一般的な配列の傾向は Table 5 および 7 でみたところとおなじであつた。直線的とおもわれる部分の上端では容積密度数の増加にともなつて辺材・心材ともに tangent が下降しており（ただしオウシュウトウヒ辺材・ヤチダモ辺材・心材ではそれぞれ直線的なまま）、下端では容積密度数の増加につれて辺材は tangent が上昇（ただしオウシュウトウヒのみ下降、トドマツのみ直線的なまま）、心材は直線的なまま（トドマツ・エゾマツ・オウシュウトウヒ・ストロブマツ・ヤチダモ・ドロ）か、または下降（ゲイマツ・シンシュウカラマツ）して、この心材の tangent の変化のしかたは劣勢木ぜんたいとしてのそれに似た傾向であり、辺材のそれは樹種べつにみた傾向に似ていた。直線的とみなされる部分の容積密度数のはんいは辺材と心材とでかならずしも一致せずいちがいが多少あるが、その tangent は辺材のほうが心材よりもおおきい樹種としてはストロブマツ（22—20）があり、ほぼひとしい樹種としてはゲイマツ（26—25）、トドマツ（28—28）、シンシュウカラマツ（27—28）などがあつた。また、心材のほうが辺材よりもおおきい樹種としてはドロ（32—41）、ヤチダモ（25—30）の広葉樹材のほかにオウシュウトウヒ（29—39）、エゾマツ（29—33）などがあつた。辺材が心材よりもおおきな tangent をしめた樹種でもその差はわずかでほとんど近似的な値であつたから、ここに用いた試料の直

Table 15. 容積密度数にたいする

樹 種	グ イ マ ツ		ト ド マ ツ		エ ズ マ ツ		シンシュウカラマツ	
供試木本数	3		3		2		2	
辺・心材別	辺 材	心 材	辺 材	心 材	辺 材	心 材	辺 材	心 材
供 試 片 数	149	301	129	202	104	80	141	264
R 階 (kg/m^3)								
240								
260								
280				28				34
300			29	28	25	32		
320	22	27		27	26	32		30
340	25	26	28	27	29	32		29
360	26	25	28	23	28	34	23	28
380	26	26	24	22	30	31	28	28
400	27	24	26	23	31	29	28	29
420	26	25	22		25	27	28	28
440	26	25				22	27	27
460	26	26					27	27
480	27	25				22	26	29
500	27					22	25	
520	25	23		15				25
540	25	24						
560	25	24						
580	25	23						
600	24							
620	22	20						
640								
660	17							
680								
総 平 均 (連結部分)	25 (26)	25 (25)	27 (28)	26 (28)	28 (29)	30 (33)	27 (27)	28 (28)

線のとみなした部分について、容積密度数のおおきさのわりあいにして容積収縮率の大小をいえば、辺材は心材よりも収縮率がおおきいとは一般的にいうことができないようである。直線的な部分をはずれるところをもふくめて算術平均でくらべても、辺材が心材より tangent がわずかにおおきいストローブマツをのぞけば、グイマツ、シンシュウカラマツ、エズマツなどはほぼ近似的で、そのほかのオウシュウトウヒ、

α_v/R の配列（辺・心材べつ）

オウシュウトウヒ		ストローブマツ		ヤチダモ		ドロ	
2		3		2		2	
辺材	心材	辺材	心材	辺材	心材	辺材	心材
143	164	170	253	181	97	156	226
		15	21			28	40
		17	21			30	41
	} 39	23	21			32	41
		22	19			33	38
	40	21	20			30	35
33	38	} 16	18			29	33
30	37		14			25	30
29	35					} 19	} 25
29	} 33						
30							
28	} 27			18			
} 30				23			
			23				
			24				
			25	} 30			
			26				
			25	31			
			25	30			
			25	30			
			24	29			
			} 24	} 29			
30 (29)	37 (39)	22 (22)	20 (20)	25 (25)	30 (30)	29 (32)	37 (41)

ヤチダモ、ドロなどでは心材のほうが辺材よりもずつと大きくしめされた。したがって、一般的にはむしろ容積密度数のわりに辺材よりも心材のほうがよりおおきな収縮率をしめす傾向をもつように思われた。この結果は、TRENDLENBURG, R. が辺材のほうが心材よりもおおきいと総括したところと異なっており、その原因についての知見は材の年輪構造の解析にまつよりほかないように思われる。

Table 16. 辺・心材べつ平均容積収縮率の優勢木と劣勢木との比較

樹 種	優 勢 木				劣 勢 木				比 較	
	供試木	測定数	算術平均	標準偏差	供試木	測定数	算術平均	標準偏差	100 × 優/劣	100 × 辺/心
辺 材										辺 材
グ イ マ ツ	Ga 9	59	8.9	1.2	Ga 33	41	12.0	1.4	74	105
ト ド マ ツ	Gb 201	47	9.1	0.5	Gb 74	37	9.2	0.9	99	114
エ ズ マ ツ	Ge 169	49	8.8	1.0	Ge 161	55	10.8	1.5	81	86
シンシュウカラマツ	Gf 102	76	10.8	1.5	Gf 103	65	11.6	1.0	93	102
オウシュウトウヒ	Gg 105	95	11.2	0.5	Gg 106	48	11.1	1.4	101	93
ストロブマツ	Gh 29	65	6.2	0.2	Gh 62	47	5.1	1.0	121	111
ヤ チ ダ モ	Gc 66	96	13.6	1.5	Gc 56	85	12.6	2.0	108	76
ド ロ	Gd 13	75	9.4	0.9	Gd 14	81	8.3	0.9	113	93
心 材										心 材
グ イ マ ツ	Ga 9	119	8.5	0.4	Ga 33	73	11.5	1.4	74	104
ト ド マ ツ	Gb 201	70	8.0	0.9	Gb 74	59	8.5	0.8	94	108
エ ズ マ ツ	Ge 169	41	10.2	0.5	Ge 161	39	11.8	1.5	86	92
シンシュウカラマツ	Gf 102	165	10.6	1.2	Gf 103	99	10.2	1.1	104	114
オウシュウトウヒ	Gg 105	90	12.0	0.7	Gg 106	74	13.3	0.8	90	83
ストロブマツ	Gh 29	110	5.6	0.2	Gh 62	58	4.4	0.4	127	116
ヤ チ ダ モ	Gc 66	52	17.9	0.6	Gc 56	45	16.7	1.1	107	75
ド ロ	Gd 13	127	10.1	0.7	Gd 14	99	11.7	0.7	86	71

6. 優・劣勢木および地上高と辺・心材

辺材および心材の容積収縮率のおおきさを優勢木と劣勢木のべつにしたがつて平均値でくらべてみると Table 16 のようであつた。それぞれの対応する材部でかなり大きなちがいをしめしたものをあげれば、優勢木または劣勢木それぞれにおいて辺材収縮率>心材収縮率であつたものとしてはトドマツ（優）・ストロブマツ（優・劣）・シンシュウカラマツ（劣）などがあり、心材>辺材であつたものとしてはエゾマツ（優）・ヤチダモ（優・劣）・オウシュウトウヒ（劣）・ドロ（劣）などがあつた。また、辺材または心材それぞれにおいて優勢木収縮率>劣勢木収縮率であつたものとしてはストロブマツ（辺・心）・ドロ（辺）などがあり、劣勢木>優勢木であつたものとしてはグイマツ（辺・心）・エゾマツ（辺・心）・オウシュウトウヒ（心）・ドロ（心）などがあつた。他の樹種の材部については比較的に近似した値がしめされ、全般的には優・劣勢木、辺・心材のくべつによる平均収縮率の大小関係は樹種ごとに対応的であるように思われたが（ただし辺・心材についてのドロをのぞく）、すべての樹種をつうじての一定の関係はみとめられなかつた。

これらの容積収縮率のあらわれ方を容積密度数との関係においてみると、 α_v/R の値の配列は Table 17 にしめすようであつた。この tangent の変化のしかたのうち直線的とみなされる部分の値をみれば、優勢木と劣勢木とが似た値をもつたものは、辺材ではグイマツ（26—26）、ストロブマツ（20—20）、ヤチダモ（25—25）、心材ではストロブマツ（20—20）であり、また優勢木が劣勢木より大きい値をしめしたものは、辺材ではトドマツ（28—26）、オウシュウトウヒ（30—28）、ドロ（33—32）、心材ではヤチダモ（31—29）などで、さらにまた劣勢木が優勢木より大きい値をしめしたものは、辺材ではエゾマツ（26—32）、シンシュウカラマツ（26—29）、心材ではグイマツ（23—25）、トドマツ（26—29）、エゾマツ（29—

32), シンシユウカラマツ (28—29), オウシユウトウヒ (37—43), ドロ (37—45) などであつた。全体としてみれば辺材では優勢木 $\geq$ 劣勢木の傾向がよりつよく(エゾマツ, シンシユウカラマツをのぞく), 心材では劣勢木 $\geq$ 優勢木の傾向がよりつよく(ヤチダモをのぞく)みとめられた。また一方, 辺材と心材とについてみれば, 両者が似た値をもつたものは, 優勢木ではストロブマツ (20—20), 劣勢木ではエゾマツ (32—32), シンシユウカラマツ (29—29), ストロブマツ (20—20) があり, 辺材が心材よりおおきい値をしめたものは, 優勢木ではグイマツ (25—23), トドマツ (28—26), 劣勢木ではグイマツ (26—25) などで, また, 心材が辺材よりおおきい値をしめたものは, 優勢木ではエゾマツ (26—29), シンシユウカラマツ (26—28), オウシユウトウヒ (30—37), ヤチダモ (25—31), ドロ (33—37), 劣勢木ではトドマツ (26—29), オウシユウトウヒ (28—43), ヤチダモ (25—29), ドロ (32—45) などであつた。全体としてみれば優勢木も劣勢木もともに心材 $\geq$ 辺材の傾向がよりつよくみとめられた(グイマツ, トドマツ・優をのぞく)。

したがつて, 各樹種の容積密度数のおおきさに対する収縮率のおおきさの関係について, 優勢木と劣勢木または辺材と心材それぞれに共通な傾向で分類すれば次のようになる。

- (1) 辺・心材ともに優勢木 $\geq$ 劣勢木である樹種: ストロブマツ, ヤチダモ
- (2) 辺・心材ともに劣勢木 $\geq$ 優勢木である樹種: グイマツ, エゾマツ, シンシユウカラマツ, ドロ
- (3) 辺材が優勢木 $>$ 劣勢木, 心材が劣勢木 $>$ 優勢木である樹種: トドマツ, オウシユウトウヒ, (ドロ)
- (4) 優・劣勢木ともに辺材 $\geq$ 心材である樹種: ストロブマツ, グイマツ
- (5) 優・劣勢木ともに心材 $\geq$ 辺材である樹種: エゾマツ, シンシユウカラマツ, オウシユウトウヒ, ヤチダモ, ドロ
- (6) 優勢木が辺材 $>$ 心材, 劣勢木が心材 $>$ 辺材である樹種: トドマツ

これらのうち(1), (2)は優勢木と劣勢木とを比較した Table 7 の傾向に, (4), (5)は辺材と心材とを比較した Table 15 の傾向に符合した。

つぎに地上高による収縮率の変化を, 幹の外観的なかたちから地ぎわ材・枝下材・樹冠材の3つの部分にわけて, 優・劣勢木べつに辺材と心材とについて要約すると, それぞれの平均容積収縮率は Table 18 にしめされるようになった。これで見ると, 優勢木の辺材では全部の樹種が枝下材に最大値をもち, 心材でもヤチダモをのぞいて同様であつた。劣勢木の辺材ではグイマツとストロブマツとヤチダモをのぞいて, また心材ではグイマツとシンシユウカラマツとヤチダモをのぞいて最大値はやはり枝下材にみとめられた。しかし最大値が枝下材にあらわれなかつたものの値は, 枝下材の値にかなりちがひが大きであつたから, 優・劣勢木べつにみた Table 12 の傾向と対照して, 優・劣勢木, 辺・心材ともに平均容積収縮率はたいていの樹種で枝下材においてもつともおおきくあらわれる傾向があるとみなして差支えないように思われた。これらの変化を容積密度数のおおきさに対比させて α_v/R の値についてみると Table 19 にしめすようであつて, ヤチダモの優勢木の心材とストロブマツの劣勢木の辺材とをのぞいたほかはぜんぶ枝下材に最大値がみとめられ, 容積密度数のおおきさのわりにほとんどの樹種が枝下材でもつともおおきな収縮率をすることをしめた。したがつて Table 18, 19 の結果から, 若干の例外はあるが容積収縮率は一般に枝下材においてもつともおおきいとえられる。

Table 17. 容積密度数にたいする

樹 種	ゲ イ マ ツ				ト ド マ ツ				エ ゾ マ ツ				シン シ ユ ウ	
優・劣勢木別	優・Ga		劣・Ga 33		優・Gb 201		劣・Gb 74		優・Ge 169		劣・Ge 161		優・Gf 102	
辺・心材別	辺	心	辺	心	辺	心	辺	心	辺	心	辺	心	辺	心
R 階 (kg/m³)														
240														
260														
280						24								
300						26		30		25	32			
320	22	27			29	26	26	28	26	32		24		30
340	25	26			28	26	27	28	26	29	32		35	29
360	26	23	30	29	26	26	19		26	28	31		21	27
380	26		27	29		24				30	33	33	25	27
400	27	23	27	26		25	19		24	25	34	31	26	28
420			27							24	27	32	26	28
440	27			25	25				22	24			26	27
460		22		26								20	27	28
480		23	25							24			27	29
500			25	26				15					26	
520			25	25										27
540			26											
560			25	24										
580														
600			25	21										
620				20										
640			21											
660			17											
680														
総平均 (連続部分)	25 (26)	25 (23)	25 (26)	26 (25)	28 (28)	26 (26)	26 (26)	26 (29)	26 (28)	28 (29)	31 (32)	32 (32)	26 (26)	28 (28)

考 察

樹種、優勢木、劣勢木、辺材、心材などの区べつにしたがつて観察された容積収縮率のあらわれ方は、それぞれの区べつについてそれぞれ異なつた様式を多少ともしめた。容積収縮率と容積密度数との関係についていえば、各々の採材の区べつによつて与えられた現象は、Fig. 10 にとりまとめたようにしめされ、それが直線的な関係とみられそうな部分とそれからはずれる部分とから一般に成り立っているという

α_v/R の配列 (優・劣勢木, 辺・心材べつ)

カラマツ		オウシュウトウヒ		ストローブマツ				ヤチダモ				ド		ロ				
劣・Gf 103		優・Gg 105		劣・Gg 106		優・Gh 29		劣・Gh 62		優・Gc 66		劣・Gc 56		優・Gd 13		劣・Gd 14		
辺	心	辺	心	辺	心	辺	心	辺	心	辺	心	辺	心	辺	心	辺	心	
								15	21							34	28	44
							21	16	20					28	32	31	46	
					43	23	21	21	17					26	38	32	46	
	33		37	43	43	21	20	20	15					34	36	32	42	
	29		37			20	20	20	14					32	33	27	37	
	27	34	36	27	43	14	8	12						30	32	21	33	
30	29	31	38					36		14					27	29	20	31
30	29	30	36	28	35									19	25	19	24	
	29	30		28	35													
29	26	31	28	28	28					22	19							
28																		
26	23			29						23		23						
22													25		23			
									28	31	25	29						
											25		25	31				
									24	31	25	29						
									25	31	25	28						
									24	30	26	26						
									24				29					
28	28	32	36	28	39	22	21	19	16	25	31	24	29	29	34	29		41
(29)	(29)	(30)	(37)	(28)	(43)	(20)	(20)	(20)	(20)	(25)	(31)	(25)	(29)	(33)	(37)	(32)	(45)	

点で、どの区べつにも共通した傾向があつたが、その程度やはんいはそれぞれことなつてしめされた。この直線的とみなされる部分の勾配をみれば、樹種によつては採材の種類にしたがつて勾配がことなり、収縮性能についての区べつをあたえなければならないようにみえる。また、これらの値と枝下材の平均値 (Table 13, 19) とを比較すると Table 20 のようになつて、両者はほとんど一致するか比較的に近似したものが多く、枝下材をもつて総体の直線的な関係にある部分の収縮性能を代表させることができるようにもみえる。もし、このような数値的な結果がより一般的なものとしてたしかめられるならば、このような

Table 18. 地ぎわ材・枝下材・樹冠材の平均容積収縮率(%)の比較
(優・劣勢木, 辺・心材べつ)

樹 種	優 勢 木				劣 勢 木			
	供試木	地ぎわ材	枝下材	樹冠材	供試木	地ぎわ材	枝下材	樹冠材
辺 材								
グ イ マ ツ	Ga 9	8.0	9.6	7.9	Ga 33	12.9	11.9	7.8
ト ド マ ツ	Gb 201	8.1	10.0	8.4	Gb 74	7.2	10.2	6.6
エ ズ マ ツ	Ge 169	7.3	9.8	5.9	Ge 161	8.2	11.9	9.7
シンシユウカラマツ	Gf 102	10.0	11.5	7.6	Gf 103	12.0	12.2	11.0
オウシユウトウヒ	Gg 105	8.7	12.1	10.6	Gg 106	8.0	12.5	9.4
ストロ ー プ マ ツ	Gh 29	6.1	6.4	5.3	Gh 62	6.3	6.0	4.6
ヤ チ ダ モ	Gc 66	11.5	14.3	14.0	Gc 56	10.8	13.1	14.9
ド ロ	Gd 13	7.1	10.0	9.3	Gd 14	6.4	8.8	8.1
心 材								
グ イ マ ツ	Ga 9	7.6	8.8	8.4	Ga 33	12.5	12.1	9.3
ト ド マ ツ	Gb 201	7.7	8.2	7.7	Gb 74	7.2	9.2	—
エ ズ マ ツ	Ge 169	9.4	10.4	—	Ge 161	10.1	12.7	12.7
シンシユウカラマツ	Gf 102	9.8	11.3	9.6	Gf 103	10.2	10.3	10.5
オウシユウトウヒ	Gg 105	10.2	12.4	11.9	Gg 106	10.3	14.4	11.9
ストロ ー プ マ ツ	Gh 29	5.6	5.7	4.8	Gh 62	4.7	5.4	3.8
ヤ チ ダ モ	Gc 66	20.4	17.6	—	Gc 56	17.1	16.6	—
ド ロ	Gd 13	8.8	10.5	10.4	Gd 14	10.1	12.0	—

Table 19. 地ぎわ材・枝下材・樹冠材の α_n/R の比較 (優・劣勢木, 辺・心材べつ)

樹 種	優 勢 木				劣 勢 木			
	供試木	地ぎわ材	枝下材	樹冠材	供試木	地ぎわ材	枝下材	樹冠材
辺 材								
グ イ マ ツ	Ga 9	23	26	24	Ga 33	22	24	19
ト ド マ ツ	Gb 201	24	31	26	Gb 74	18	29	20
エ ズ マ ツ	Ge 169	23	28	15	Ge 161	26	32	28
シンシユウカラマツ	Gf 102	24	27	21	Gf 103	28	29	27
オウシユウトウヒ	Gg 105	24	32	29	Gg 106	20	30	27
ストロ ー プ マ ツ	Gh 29	20	23	19	Gh 62	21	18	16
ヤ チ ダ モ	Gc 66	24	25	22	Gc 56	22	25	25
ド ロ	Gd 13	27	32	27	Gd 14	26	31	22
心 材								
グ イ マ ツ	Ga 9	22	25	25	Ga 33	23	28	24
ト ド マ ツ	Gb 201	24	27	24	Gb 74	19	29	—
エ ズ マ ツ	Ge 169	26	29	—	Ge 161	27	35	35
シンシユウカラマツ	Gf 102	25	29	27	Gf 103	27	30	26
オウシユウトウヒ	Gg 105	30	38	35	Gg 106	30	42	33
ストロ ー プ マ ツ	Gh 29	19	21	17	Gh 62	15	19	13
ヤ チ ダ モ	Gc 66	34	30	—	Gc 56	29	29	—
ド ロ	Gd 13	33	36	31	Gd 14	40	42	—

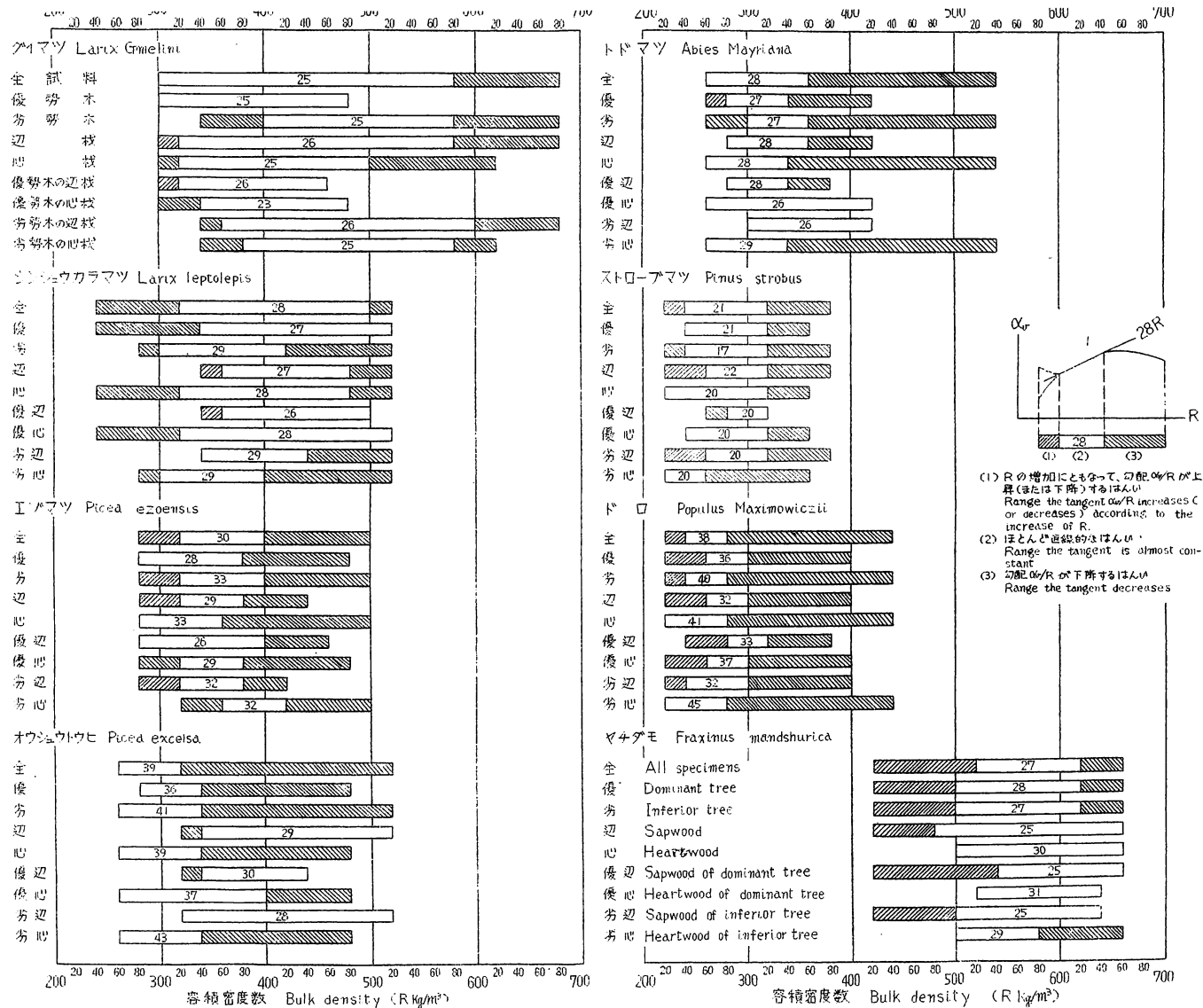


Fig. 10 α_v に関する R の特性的なはんい。
The characteristic range of bulk-density (R) in relation with volumetric shrinkage (α_v).

Table 20. 容積密度数にたいする容積収縮率の直線的变化の部分と
枝下材部分の α_n/R の比較

樹種	材種	材		心材		辺・心計	
		直線*	枝下材**	直線*	枝下材**	直線*	枝下材**
グイマツ	優勢木	26	26	23	25	25	26
	劣勢木	26	24	25	28	25	27
トドマツ	優勢木	28	31	26	27	27	28
	劣勢木	26	29	29	29	27	29
エゾマツ	優勢木	26	28	29	29	28	28
	劣勢木	32	32	32	35	33	34
シンシュウカラマツ	優勢木	26	27	28	29	27	28
	劣勢木	29	29	29	30	29	30
オウシュウトウヒ	優勢木	30	32	37	38	36	36
	劣勢木	28	30	43	42	41	38
ストロブマツ	優勢木	20	23	20	21	21	22
	劣勢木	20	18	20	19	17	18
ヤチダモ	優勢木	25	25	31	30	28	29
	劣勢木	25	25	29	29	27	27
ドロ	優勢木	33	32	37	36	36	35
	劣勢木	32	31	45	42	40	38

* 全樹幹からえられた直線のとみなされる部分の勾配

** 枝下材のもつ勾配の平均値

採材の種類は材料をその性質にしたがつて仕わけるのに役立つはずであると思われる。

しかし、これらの区べつ——樹種、優・劣勢木、辺・心材、地上高などはあくまでも外観的なかたちのうえでの区べつであり、それぞれ違った面からの区べつであつて、全部に共通したひとつの基準にもとづいてなされているものではない。そのうえに、各区べつのなかにおける性質の変動の巾はかなり大きなものであつたが、その巾のなかにさらに区べつを与えて観察されてはいない。したがつて、これらの区べつにおいて求められた収縮率のあらわれ方は、共通の基準にもとづいて説明されえず、その現象自体としての意味があつても、そのちがいがもたらされる因果関係については全く言及できないものとなつている。ここにみとめられた収縮性能の傾向が、各々の樹種、優勢木または劣勢木、あるいは辺材または心材それ自体の属性であるか、あるいは木材一般の性質のうちの部分として各々の樹種、優勢木または劣勢木、あるいは辺材または心材によりつよくあらわれる性質であるか不明である。このような点が解明されてはじめて収縮率のあらわれ方または収縮性能についての材料の仕わけが可能になるものと思われる。

幹のなかにおける容積収縮率のおおきさの分布様式をみても、ここに観察されたものを概括的にとりまとめて樹種による分布のタイプを抽出すると Fig. 11 のように模式化することができる。これらは樹種によつて特徴的な配分の傾向をしめしているごとくにおもわれるが、容積収縮率が容積密度数のおおきさと第一義的な関係をもつていると前提するかぎり、収縮率分布の類型化は重量成長様式の類型化のうえにすみかさねられなければならない。したがつて、林木の重量成長のしかたにおける特性と、材のおもさが収縮性能に及ぼす特性とが材質成長的に一般化されて組みあわされることによつて、樹幹内の収縮率分布の類型化が可能となるはずで、ここにみられた分布のタイプはその組みあわせのひとつの結果を現象的にとらえたにすぎず、その変動のしかたについての予測はゆるされない。

このような容積収縮率のあらわれ方をより一般的なものとしてたしかめ、その現象を体系化した知見とするためには、木材一般の年輪構造と収縮率のあらわれ方をあきらかにして、それらの年輪構造が、ここ

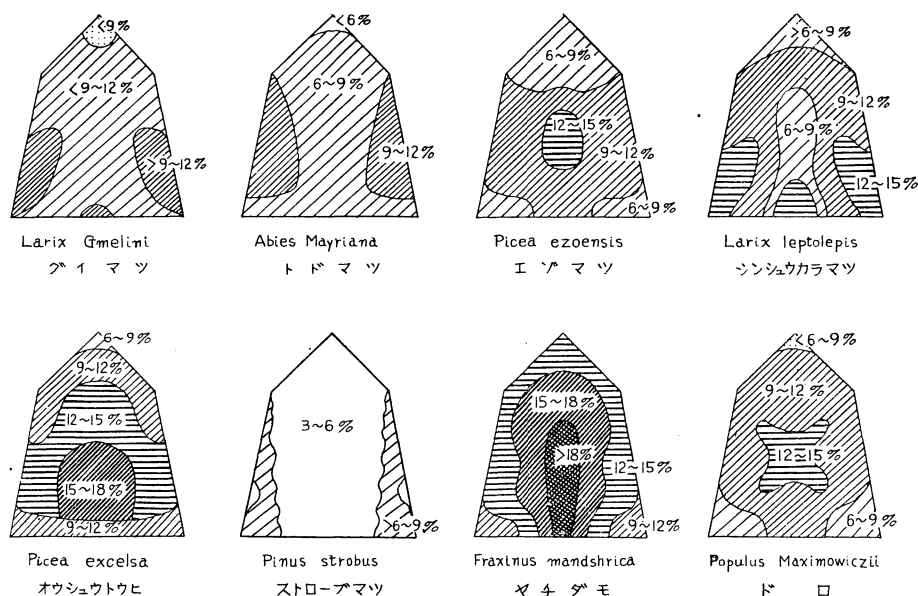


Fig. 11 容積収縮率の樹幹内分布の模式図

The type of the distribution of volumetric shrinkage (%) in the stem of each tree species.

に区べつされたような材種にどのようなおおきさと巾であられるかをもとめることが必要となり、このような材質成長的な見方が収縮性能についての材料の仕わけを可能にするだろうと考える。

摘 要

北海道野幌地方における人工造林木8種について容積収縮率のあらわれ方を樹種・優勢木・劣勢木・辺材・心材・地上高などの区べつにしたがつてしらべた。樹種はグイマツ、シンシュウカラマツ (*Larix* sp.), トドマツ (*Abies* sp.), エゾマツ, オウシュウトウヒ (*Picea* sp.), ストローブマツ (*Pinus* sp.), ヤチダモ (*Fraxinus* sp.), およびドロ (*Populus* sp.) であつて、観察した結果のあらましは次のようであつた。

(1) 容積収縮率のおおきさ ($\alpha_v\%$ ・飽水のときを原長とする)を全測定値の平均で樹種べつにくらべてみると、最大はヤチダモ (15% 弱)で、以下オウシュウトウヒ (12%), シンシュウカラマツ (11% 弱), グイマツ (10% 強), エゾマツ (10% 強), ドロ (10% 強), トドマツ (9% 強)の順で、最小はストローブマツ (6% 弱)であつた。これらの α_v の分散の巾は相当ひろいが、ヤチダモの 18% をのぞけばほかの樹種では 10~14% のはんいで、わりあい近似していた。

(2) 観察した供試木の樹幹内における容積収縮率の分布様式から、樹種べつに分布のタイプを抽出すると Fig. 11 のように模式化された。もちろん、これが樹種的な特性であるかどうかかわからないが、幹のなかの相対的な分布のしかたは優・劣勢木に共通した傾向が樹種的に区べつされてみとめられた。

(3) 容積収縮率と容積密度数 ($R \text{ kg/m}^3$) との関係は直線的にのみみとめられず、かなりの巾で分散しているが直線的とみなされる部分とそれからはずれる部分とから成り立っているようであつた。その直線的関係からはずれる部分にあたる材料はアテのように明らかに異常組織としてみとめられるものだけではなくて、むしろ、容積密度数のおおきさにしたがつてきまつてくる限界が樹種によつて特有であるかのよう

に思われた。すなわち容積密度数の増加方向にしたがつて、容積収縮率ははじめその勾配を増し（または直線的のまま）ついではぼ一定となつて直線的に推移しある限度で減少方向をたどる傾向があり、それはどの樹種もおなじであつたが、そのおおきさとはんいとは樹種によつて異なつた値をしめした（このような配列は曲線的なものとみなすべきであるかもしれない）。

(4) この傾向はおなじ樹種内でも優勢木と劣勢木・辺材と心材などの区べつについても同様であつたが、樹種および材種によつて容積密度数と容積収縮率との関係は定性的に類似しているが定量的にはことなつてあらわれるらしいことが知られ、これを総括すると Fig. 10 のようになった。

(5) 幹の外観的なかたちから区べつされる地ぎわ材・枝下材・樹冠材についてみると、大体において平均容積収縮率の最大値は多くの樹種で優・劣勢木・辺・心材とも枝下材にあらわれやすく、また、 α_v/R の値も同様で、容積密度数のおおきさのわりにしても収縮率は枝下材で最大となる傾向がしられた。

(6) また、枝下材における α_v/R の平均的な値は総体的な α_v と R との関係における直線的な部分の値にほとんどよく一致するか、またはかなり近似的であつて、この直線的な関係をもつ部分を基準的な材料（材のとりあつかひ易さの点で）と考えれば、枝下材でそれを代表させることができるようにも思われた。

(7) 樹種・優・劣勢木・辺・心材・地上高などの区べつによるこのような容積収縮率のおおきさのちがいは、したがつて $\alpha_v = a \times R$ の関係における R のおおきさの材種によるあらわれ方および R のはんいによつて異なる係数 a の値の材種的な特徴などによつてきめられるものと考えられた。

(8) しかし、ここで区べつされて観察された材種は、それがもつ年輪構造のあらわれ方が収縮性能との関連のうえで、どういふふうにつくりあげられているかを明らかにしないかぎり、収縮率のあらわれ方についての材料の仕わけの基準とみなすことはできないと考えられる。

文 献

- 1) 加納 孟：木材材質の森林生物学的研究 (第 2 報) トドマツ材の湿气的特性について、林業試験場研究報告, 46, (1950) p. 81
- 2) 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について、林業試験場研究報告, 90, (1956)
- 3) 蕪木自輔：木材材質の森林生物学的研究 (第 4 報) トドマツあて材の生材含水率・容積密度数及び収縮変形に関する観察、林業試験場研究報告, 52, (1952) p. 71
- 4) 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. 77
- 5) 平井左門：落葉松樹幹内の含水率・容積密度数・体積収縮率及び水分・空隙・木材実質容積率分布に就て、北大演習林研究報告, 15—1, (1951)
- 6) 矢沢亀吉：ヒノキ・サハラ樹体各部に於ける生材比重・含水率・絶乾比重・収縮率及辺・心材等に就いて、岐阜農専学術報告, 52, (1944)
- 7) FREY-WYSSLING, A.: Die Ursache der anistropen schwindung des Holzes, Holz als Roh u. Werkstoff, 11, (1940).

- 8) PAUL, B. H.: Shrinkage of white oak as affected by position in the tree, J. Forestry, 37—7, (1939).
- 9) TRENELEBURG, R.: Das Holz als Rohstoff, Berlin, (1939), ss, 202—208.
- 10) NEWLIN, J. A. and WILSON, T. R. C.: The relation of the shrinkage and strength properties of wood to its specific gravity, Bull. U.S.D.A., Washington, (1919).

Forest-biological Studies on Wood Quality. (Report 13)
On the volumetric shrinkage of wood of the planted trees grown at
Nopporo district in Hokkaido.

Zisuke KABURAGI

(Résumé)

In this report we studied the volumetric shrinkage of wood of the planted trees grown at Nopporo district in Hokkaido. The sample tree species were as follows:

Needle-leaved tree; Todo-fir (*Abies Mayriana* MIYABE et KUDŌ), Ezo-spruce (*Picea jezoensis* CARR.), Norway-spruce (*Picea excelsa* LINK.), Japanese larch (*Larix leptolepis* GORDON), Kurile larch (*Larix Gmelini* LEDES.), and strobe pine (*Pinus strobus* L.).

Broad-leaved tree; Yachidamo (*Fraxinus mandshurica* Rupr.), and Doro (*Populus maximowiczii* A. HENRY).

The forest condition from which the trees sampled or the sampling test pieces were taken was the same as described in the former reports.* We examined the established forms of appearance of volumetric shrinkage of wood according to these distinctions; tree species, dominant tree or inferior tree, sapwood or heartwood, height above the ground, etc. The outline of the results is as follow:

(1) On the average volumetric shrinkage ($\alpha_v\%$ based on the dimension at green) of each tree species, the maximum was Yachidamo (a little under 15%), next in order were Norway-spruce (about 12%), Japanese larch (a little under 11%), Kurile larch (a little over 10%), Ezo-spruce (a little over 10%), Doro (a little over 10%), Todo-fir (a little over 9%), and the minimum was strobe pine (a little under 6%). The dispersion of α_v in each tree species was considerably wide, but they relatively resembled each other at the range of 10%~14% through-out all tree species except Yachidamo which had the dispersion of 18%.

(2) In each tree species respectively, the distribution of volumetric shrinkage in the stem of the dominant tree was markedly similar to that of the inferior tree (Fig. 2 a~h). Of course, the absolute value of α_v was more or less different between these two growth conditions, but the relative distributing situation in each stem showed no small resemblance. Abstracting this tendency of each tree species, we got the types of distribution of volumetric shrinkage in the stem as shown in Fig. 11. But, generally speaking, we could not definitely determine whether these types were the characteristics of each tree species or not, under the present studies.

(3) The relation between the volumetric shrinkage ($\alpha_v\%$) and the bulkdensity ($R \text{ kg/m}^3$) was not always a linear correlation, but showed a linear part and non-linear parts, and it was considered that the materials corresponding to these non-linear regions were not invariably the clear abnormal tissue as the "compression wood," but the limit which should be determined by the magnitude of bulk-density (R). These tendencies of each tree species

* Forest-biological studies on the wood quality, Report 11 and 12, Report of the Government Forest Experiment Station, No. 90, 1956.

are shown in Fig. 5. We can see that according to the increase of R , in the beginning, the ratio of increase of α_v increased (or remained constant, or decreased in some species), and at a magnitude of R the ratio obtained almost constant, and then at the next limit magnitude of R the ratio decreased. Each tree species showed a respectively different characteristic magnitude and region of R in relation to α_v in the same general tendency.

(4) This tendency was shown also on the distinctions of dominant or inferior tree, sap or heartwood etc. respectively, and their characteristic magnitude or region of R were various. Fig. 10 shows summarily these figures.

(5) As to the distinctions made from the external form of stem, the three external parts, namely, the part of stem in the crown, the part of stem of clear length under the crown, and the part of stem at the bottom, the maximum average volumetric shrinkage appears generally at the clear length part on most of the tree species, dominant tree, inferior tree, sapwood, and heartwood, and on the value of α_v/R showed the same tendency too; therefore, we noticed in most cases the volumetric shrinkage was at maximum considering the bulk-density at the clear length part of stem.

(6) And the average value of α_v/R at the clear length part was similar to or almost the same as the tangent of the linear region in relation of α_v-R of all stem, so it seemed that the clear length part would represent the standard material when the material corresponding to the linear region of α_v-R relation was assumed to be the standard material from the standpoint of wood material handiness.

(7) It was considered therefore that these differences of the magnitude of volumetric shrinkage α_v by the distinctions of tree species, dominant tree, inferior tree, sapwood, heartwood etc. would be decided by the occurrence of the magnitude and region of R in each timber kind, and the coefficient at which varied by the region of R in them, on the relation of $\alpha_v = a \times R$.

(8) However, the occurrence of the annual rings construction concerning the property of shrinkage on these distinctions of timber kind in this paper has not yet been made clear, which leads us to remark that we cannot regard these distinctions of timber kind as a standard of classification of wood material as applying to the occurrence of its volumetric shrinkage.