

木材々質の森林生物學的研究

(第 4 報)

トドマツあて材の生材含水率, 容積密度數及び 收縮變形に關する觀察

Zisuke KABURAGI: Forest-biological studies on the wood quality.
(Report 4) On the moisture content, the bulk-density in
green lumber and the shrinkage of the compression
wood of Todo-fir.

農 林 技 官 蕪 木 自 輔

目 次

I 緒 言	54
II 供試樹幹内のアテ及肥大生長偏倚	55
(1) 供試木及供試円盤	55
(2) 樹幹内に於けるアテ形成の状態	56
(3) 肥大生長偏倚の状態	58
III 生材含水率	59
(1) 供試材及測定法	59
(2) 測定結果	61
i) 年輪別生材含水率の分布	61
ii) 年輪内・外側材部別生材含水率の分布	61
IV 容積密度數	63
(1) 供試材及測定法	63
(2) 測定結果	64
i) 樹幹傾斜方向断面に沿う容積密度數の分布	64
ii) 切線方向に対する容積密度數分布の変移	66
V 收縮變形	69
(1) 供試材及測定法	69
(2) 測定結果	69
i) 材部による收縮率の偏倚	69
ii) 收縮率と容積密度數との關係	71
VI 実施した觀察の概要とその考察	73
(1) 生材含水率	73
(2) 容積密度數	74
(3) 收縮變形	75
VII 文 献	77
Résumé	78

I 緒 言

トドマツ材の林木としての生長過程を観察すると、その形成の度合に多少の差こそあれ、如何なる場合にもアテを含まない立木は殆ど見当らないといつても過言ではない。自然的環境のなかに生育する林木はその生長過程に於いてアテを形成すべき外的条件が与えられずに生育しつづけるということはまずあり得ないからである。

樹木の肥大生長偏倚と之に伴うアテの形成に関する問題については、19 世紀から 20 世紀にかけて多くの諸研究がなされ、漸次その発生学的体系が明確化されるに至つた。さらにまたアテの形成を伴つて生産される材部は量的にも質的にも木材利用上重要な課題を提供するものであつて、所謂アテ材の物理的特異性についても多数の成果が示されている。本報に於いては、典型的なトドマツアテ材について、すでに観察された正常材との比較考察を目的として若干の事項に関する同様な観察を試み、トドマツ材質についてこれまでになされた二三の木材組織学的観察とともに該材の材質生長に関する基礎的知見を得ようとしたものであつて、ここにはその生材含水率と容積密度数及び収縮変形の状態を取扱つた。

一般に針葉樹にみとめられるアテ材は樹幹部にあつては軸の傾斜に対して下側に肥大偏倚して生産され、普通濃赤褐色を呈してその色調に顕著な特徴的差異をしめしており、解剖的には仮導管の横断面は円形となつて細胞間隙を生じ、細胞膜は著しく肥厚して二次肥厚層上に螺旋状隙紋を有することを特徴とするとされている。本報に於ける観察に際しては主としてその肉眼的色調の差違に基いてアテ材の識別を行つたのであるが、その解剖的観察並に機械的性質等については別に報告される予定である。

アテ材の物理的性質をとり扱う場合アテ分化形成の度合が問題となり、アテの分化程度を質的に表現してこれとその物理的性質との関連性を究明することが要求されるのであるが、極めて複雑なアテ分化程度の連続的変化によつて構成される材片のしめす物理的諸性質をアテの度合に關して解析することは甚だ困難な課題となる。これらについてはその解剖的知見とその個別的物性との結びつきに於いて実験的に解明されなければならない。従つてこの報告に於いては単なる 1 例の観察に止まり且つ観察された事象とアテの度合との直接的関連性については全く触れ得なかつたし、又正常材のしめすある定性的領域とアテ材のしめすある定性的領域との交叉域に於ける諸現象についても、或はまたアテ材自体の定性的領域の限界についても全く不明のままであつたが、これらのことがらはさらに別の課題として究明されなければならないものであると考える。木材は森林生物学的存在として与えられるものの材料化された形態であるから、その木材々質は、生物学の領域に属する多くのものに特徴的に認められる激しい変域を保持するものである。従つて木材々質の究明は、その変動の背景を形づくるところの材料化以前の形態に於ける変動の追跡の上に組立てられなければならない。自然的環境の中に生育した

林木に認められるアテの如きは、極めて錯そうせる条件によつて形成された異常材であるからその材料的性質によつてアテ一般のそれを論ずることは全く不可能であり、従つて観察される事象が試料の変動的背景の上に積み重ねられることが試料の実験的育成とともに要求されることになる。

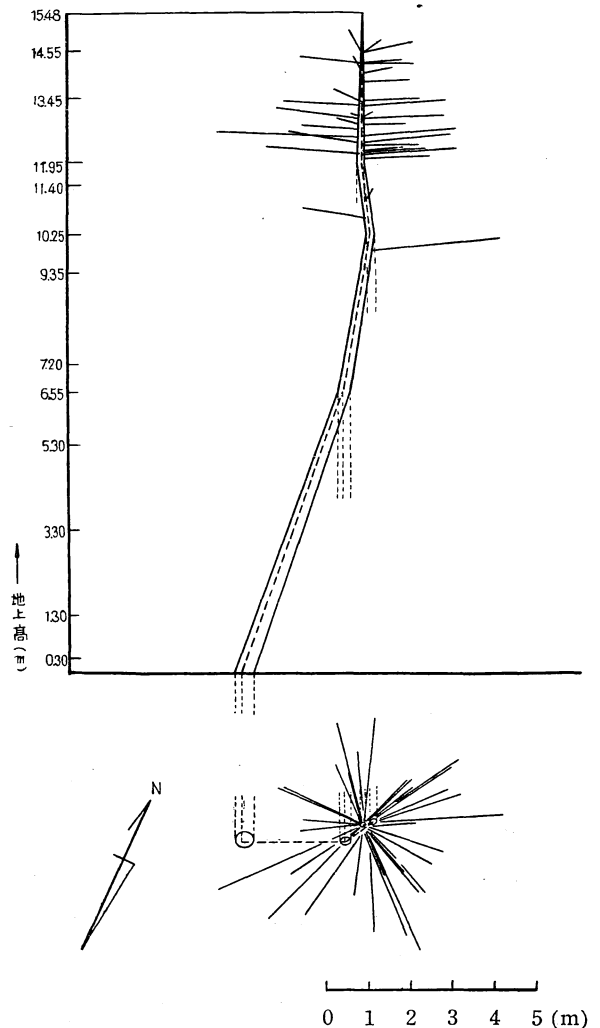
此の観察の実施取纏めに当つて種々御便宜と御指導とを賜つた林業試験場札幌支場長林行五氏並に同場技官加納孟氏に深甚の謝意を表する。尙本報告中供試木樹幹外部形態の観察は前札幌支場技官神和雄氏の実測にかかるとものであり並記して厚く感謝の意を表する。

Ⅱ 供試樹幹内のアテ及肥大生長偏倚

(1) 供試木及び供試円盤

この観察に供した試験木は北海道石狩地方野幌国有林第 32 林班平坦地原生林分に於いて選木した樹齢 88 年のアオトドマツ材 (*Abies Mayriana* Miyabe et Kudô.) で、該材ははじめ直立していたものが樹齢 58 年のころ側辺に防火線が拓り開かれたために風衝木となつて、北東東方向に突然の樹幹傾斜を生じアテ材を形成したと考えられるものである。伐倒時 (1949 年 3 月) に於ける該供試木の樹幹外部形態は第 1 図に示されるごとく、ほぼ 4 つの部分の屈曲からなり、地上高 6.55m までの樹幹は NE 65° 方向に 20° の傾斜をなし、6.55~10.25m 間は NE 30° 方向に 10° の、10.25~11.95m 間は SW 41° 方向に 10° の傾斜をしめし、11.95m より梢端に至る部分はほぼ鉛直なる樹幹を有した。樹高は 15.48m、枝下高 9.90m、胸高皮付平均直径約 28cm であり、樹冠の量は非常に少ないものであつた。

第 1 図 伐倒時に於ける供試木の樹幹外部形態



此の供試木から地上高 0.3, 1.3, 3.3m, 以上およそ 2m おきに枝痕及び枝条部を避けて厚さ約 10cm の円盤を採取し, また樹幹の屈曲部 6.55, 10.25 及び 11.95m に於いて同様の円盤を木取つた。各円盤の樹幹内の位置, 年輪数及び皮付半径は第1表の通りであつたが, これらの円盤内から観測される数値はその上面の地上高のそれを代表するものと見做して供試材を作製観察した。

第1表 供 試 円 盤

No.	地上高* (m)	樹 幹 傾 斜		年輪数	各 方 向** 半 径 (cm)			
		方 位	角 度					
I	0.30	NE 65°	20°	83	65° 26.9	245° 8.8	155° 10.8	335° 14.3
II	1.30	"	"	78	20.1	10.1	11.8	14.8
III	3.30	"	"	68	16.6	10.6	12.5	11.3
IV	5.30	"	"	57	14.0	9.7	11.8	11.2
V	6.55	"	"	54	12.6	9.5	11.7	10.6
VI	7.20	NE 30°	10°	52	30° 11.7	210° 9.5	120° 12.6	300° 8.9
VII	9.35	"	"	44	9.5	8.5	10.8	7.6
VIII	10.25	"	"	41	8.0	9.4	8.9	7.3
IX	11.40	SW 41°	10°	36	41° 6.2	221° 10.2	131° 6.6	311° 6.9
X	11.95	"	"	32	6.4	9.2	7.1	6.3
XI	13.43	略 通 直		14	0° 3.9	180° 4.6	90° 3.7	270° 3.9
XII	14.55	"		9	2.5	2.9	2.6	2.9

* 地上高は円盤の上面

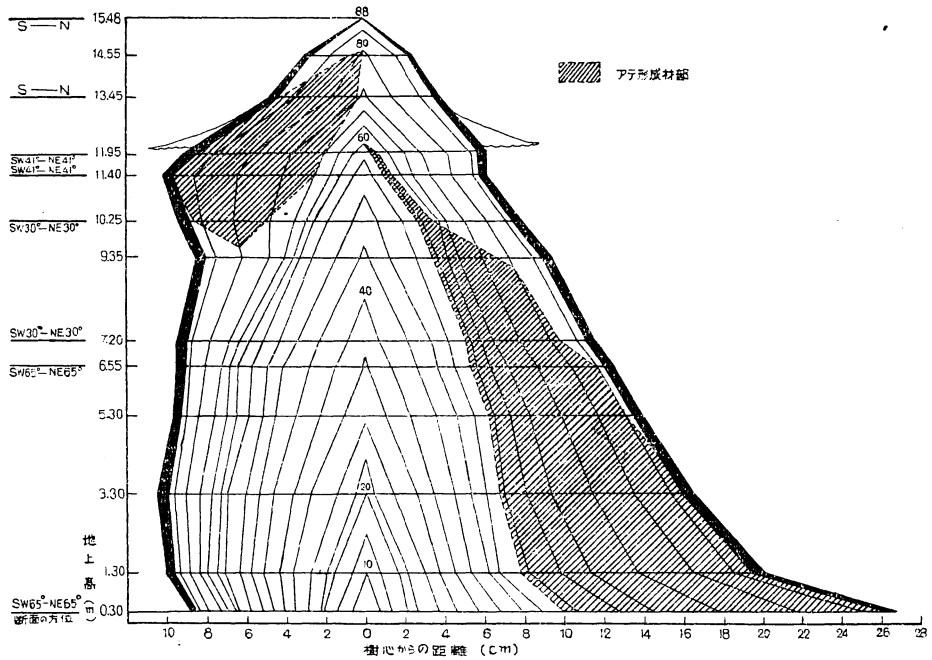
** 樹心に対する全周角 (樹幹傾斜方向径及びその直交径)

(2) 樹幹内に於けるアテ形成の状態

各地上高における樹幹傾斜方向直径を同一平面上にもたらし樹心を同一鉛直線上に重ねて樹幹図を描かしむれば, この供試木の樹幹傾斜方向縦断面についての樹幹形態は第2図のようにしめされ, 第一の傾斜樹幹部 (地上高 6.55 m まで) 及び 第二の傾斜樹幹部 (地上高 6.55 ~ 10.25m) を通じて, その軸の下側において樹齢 59 年を限界とする極めて突然の明瞭なアテ材の形成が認められて, この時期にアテ形成条件としての樹幹傾斜が発生したことを明らかに示し, 第三傾斜樹幹部 (地上高 10.25 ~ 11.95 m) に於いては樹齢 70 ~ 75 年ころより軸の下側にアテ材の形成があつて二回目の樹幹屈曲がこの時期に生じ, アテの形成はその基部と上方に及んで漸次直立位に回復したことを示した。

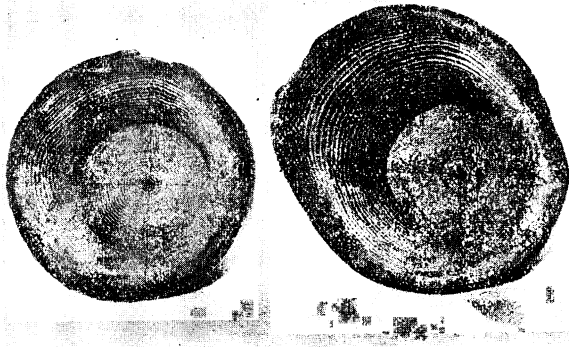
これらのアテ形成材部は著しい肥大生長偏倚を伴い特に第一傾斜樹幹部の基部及び第三傾斜

第2図 樹幹傾斜方向断面に沿う樹幹形態



樹幹部の下部に於いて甚しく、第3図に見られるように典型的な針葉樹アテ材の形態をしめし

第3図 地上高 1.3m 及び 5.3m 附近のアテ形成状態



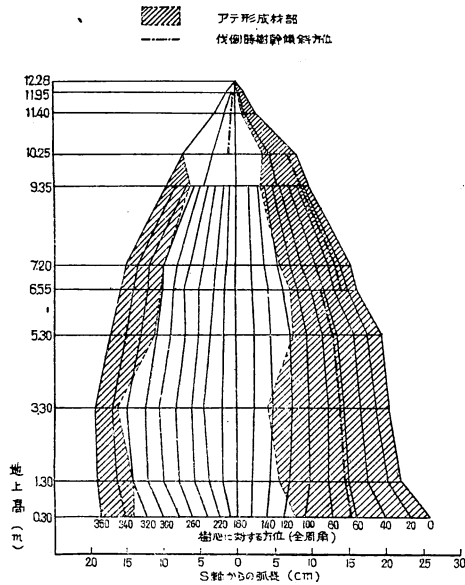
たが、その木部の量的生産に対応するアテ形成材部の量的生産は、切線面について観察すると第4図の展開図にみる如く、樹幹の傾斜方向面に切線方向のひろがりをもつアテ材部がみとめられ、此の全樹幹内のアテ形成材部表面積の全表面積生長量に対する割合は、樹幹傾斜直後に於いて最大値をしめし生長の時間的経過とともに減少し、樹幹傾斜直後は全

表面積量の 50% に近い面積がアテの分化形成をなしているにかかわらず、伐倒時にはアテ形

第2表 アテ形成材部表面積量の変移

樹	齡	60	65	70	75	80	85	88
表面積生長量比較数		100	118	133	157	190	222	237
アテ形成材部表面積生長量比較数		100	98	108	113	120	110	81
アテ形成材部表面積生長量の全表面積生長量に対する%		48	39	38	34	30	24	16

第4図 樹齢60年に於ける生長表面の展開図



成材部表面積量は僅かにその 16% を占めているに過ぎなかつた(第2表)。樹齢60年のときの高さより上部の表面積生長量は樹齢88年においてその全表面積生長量の8%にすぎなかつたから、この供試木は時間の経過に対する木部の量的生産の著しい増加に対してアテ材部の量的生産は左程増大しなかつたものと認められた。

(3) 肥大生長偏倚の状態

アテは通常肥大生長偏倚に伴つて形成される異常組織とみとめられるものであるが、最も甚しい偏心生長をしめしている第一傾斜樹幹部について、その傾斜方向半径生長量比(各齡階区間に於けるアテ形成側半径増分量

の引張側半径増分量に対する比)及び樹幹傾斜前と伐倒時に於ける傾斜方向偏心の度合(圧縮側半径の引張側半径に対する比)をしめすと第3表のごとくであつて、その偏心性は基部に於いて著しく地上高を増すごとに減じ漸次正円に近づく傾向を与えてはいるが、なお樹幹は直立位に全く回復しないままであつた。

第3表 樹幹傾斜方向断面に於ける肥大生長偏倚

齡階	半径生長量比							偏 心 度	
地上高 (m)	61~65	66~70	71~75	76~80	81~85	86~88	平 均	55	88
0.30	11.00	5.33	8.25	6.83	8.25	6.00	7.61	1.53	3.11
1.30	4.00	3.00	6.00	5.60	4.00	3.33	4.32	1.05	2.01
3.30	3.50	2.40	3.70	3.00	3.00	2.33	2.99	1.00	1.60
5.30	1.33	2.00	2.67	2.25	2.33	—*	2.12	1.06	1.34
6.55	1.00	2.25	3.75	2.12	1.63	—*	2.15	0.92	1.24
平 均	4.20	3.00	4.83	3.96	3.84	3.88	3.69	1.11	1.86

* アテを形成せず。

また半径生長量比は基部を除いて70~75年に最大値が見出され基部のみがアテ形成直後に最大値を与え、時間の経過とともに漸減する傾向にあつたが、圧縮側又は引張側材部の各年輪巾比較数(地上高0.3m, 61~65年間平均年輪巾を100とする)はそれぞれ第4表のように圧縮側は地上高を増す毎に年輪巾を減じ引張側では地上高の増加とともに年輪巾の増加がらみれ、最大年輪巾は圧縮・引張両側とも75~80年に認められてその木部の量的生産の最大半径生長域は前述の最大半径生長量比をしめす領域と一致してはいなかつた。

第4表 各齡階毎平均年輪幅比較数

地上高		齡 階	61~65	66~70	71~75	76~80	81~85	86~88	平 均
圧縮側		0.3	100	73	150	186	150	91	125
		1.3	73	68	109	127	91	76	91
		3.3	50	55	95	95	82	53	72
		5.3	36	45	73	82	64		60
		6.5	32	41	68	77	59		55
		平 均	58	56	99	113	89	73	
引張側		0.3	100	150	200	300	200	100	175
		1.3	200	250	200	250	250	150	217
		3.3	150	250	300	350	300	150	250
		5.3	300	250	300	400	300		310
		6.5	350	200	200	400	400		310
		平 均	220	220	240	340	290	133	

この樹幹基部の傾斜方向断面に沿う全平均年輪巾は第5表にしめされるごとくであつて、樹幹傾斜前に於ける材部では 1.55mm にすぎず通常のトドマツ材の年輪巾に較べて被圧の状態のもとに生長したと考えられるものであるが、樹幹傾斜後の引張側材部ではさらに遙かにそれよりも小なる年輪巾をしめして僅かに 0.89mm であつた。これに対して圧縮側は最大 8.8mm に及び平均 4.05mm であつたが尚 1mm に及ばない年輪も在つた。第5図にこれらの材部における年輪巾度数分布を示す。

第5表 平均年輪巾 (mm)

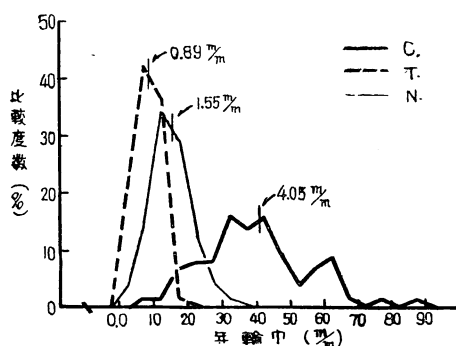
材 部	C	T	N
平均年輪巾	4.05	0.89	1.55
範 囲	0.8~8.8	0.1~1.6	0.1~3.4

C 樹幹傾斜後に於ける圧縮側材部

T " 引張側材部

N 樹幹傾斜前に於ける材部

第5図 年輪巾の度数分布



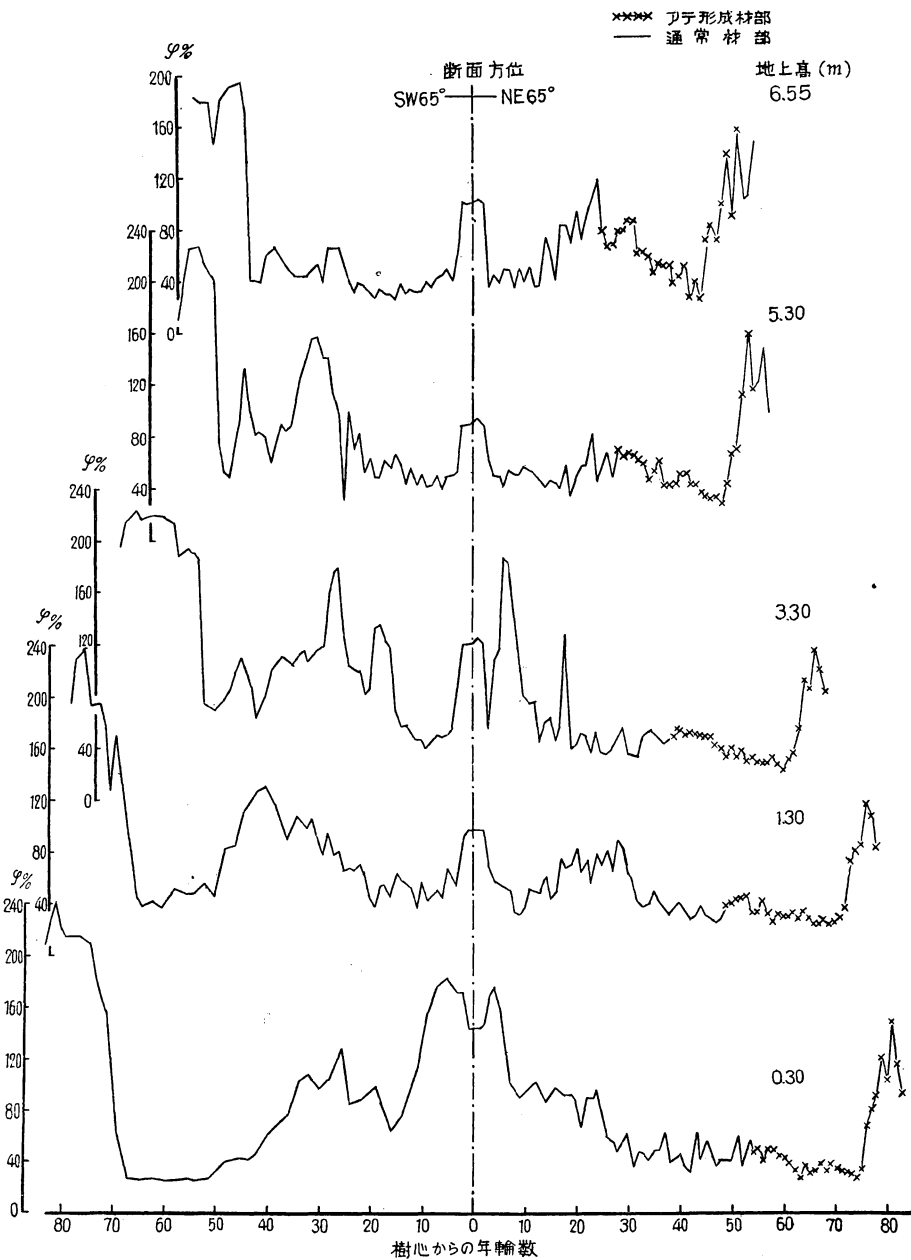
Ⅲ 生材含水率

(1) 供試材及測定法

伐倒された供試材は雪中丸太原木のまま実験室に搬入されて前記 12 個の供試材円盤が木取られたが、各円盤からその樹幹傾斜方向径に沿つて約 2cm 角の材片を採取鉋削し、さらにこれを各年輪界に沿つて剝離して一年輪のみから成る試験片を作製し、夫々その生材時重量、飽水時容積及び絶乾時重量を測定して生材時重量比含水率 ($\phi\%$) 及び容積比含水率 ($\phi_v\%$) を算出した。又圧縮側アテ形成材部に属する各年輪を構成する材部について、その内側及び外側材

部別に試験片を木取り同様の測定を行つた。これは、アテ形成材部に於ける1年輪内の色調の変化を観るとその内層から外層にかけて淡白色部分から濃褐又は黒褐色部分に移行しており、その色相の推移はかなり急激であつたので、その境界を主観的に定めて前者を年輪内側材部、後者を年輪外側材部として一年輪を二つの部分に分つたものである。アテ分化の度合が著しいと思われる年輪ほど後者の占める部分が多く、その部分の細胞は春材細胞膜の肥厚したと考え

第6図 年輪別重量比含水率(φ%)の分布



られるものを多数含むが、外観的色調の上からはそれらと秋材細胞層との差異はあまり明らかでなかった。前者が占める部分の細胞はほぼ正常春材細胞と類似した形態であつた。

なお、重量又は容積の測定法及び φ 又は φ_r の算出式は前報*と同様である。また供試体木取時から重量測定までの間の生材水分の喪失については充分な注意を払つたが若干の散逸はまぬかれず、秤量時水分量を以て生材含水率と見做した。

(2) 測定結果

i) 年輪別生材含水率の分布

重量比含水率 $\varphi\%$ の年輪に対する分布状態を地上高 6.55 m までについて例示すれば第6図のようである。この供試木は水喰材であつたので心材部に於ける φ の分布は不規則でありアテ材心材部含水率の通常な状態をうかがうことは出来ないが、辺心材部境界の低含水率と辺材部に於ける急激な上昇とは、さきに観察された正常材の場合と同様であつた。辺材部に於ける φ は引張側と圧縮側とで明瞭な差異をしめしたが、辺材部にアテを形成している地上高 7.2m 以下の部分についてその平均 φ を表記すると第6表のようになり、アテ形成側は約 100% の φ をしめし、引張側の φ はその2倍近い値であつた。 φ と地上高との間には一次的な関係は全くみとめられなかつた。

第6表 辺材部 φ の圧縮・引張側別比較

地上高 (m)	$\varphi\%$		比較数	
	圧縮側	引張側	圧縮側	引張側
0.30	102.1	196.7	100	193
1.30	90.9	165.7	100	182
3.30	88.1	203.1	100	231
5.30	109.6	182.9	100	167
6.55	104.2	176.3	100	169
7.20	100.6	183.7	100	183
平均	99.3	184.7	100	186

る分布状態は第7図に地上高 0.3, 1.3 及び 3.3m について例示した。圧縮側及び引張側辺材部 φ_r の平均値は第7表の如くであつて、アテを形成せる辺材部に含まれる水分の絶対量は引張側辺材部に含まれるそれとかなり接近していることがみとめられた。

辺材部に於ける圧縮側と引張側との φ 又は φ_r の差違は、植物生理学的意味の外に後述する各々の容積密度数の差異に関連するものと思われる。

ii) 年輪内外側材部別生材含水率の分布

同一年輪に含まれる内側及び外側材部別に観察された φ 及び φ_r を例示すると第8図(a)

る φ は引張側と圧縮側とで明瞭な差異をしめしたが、辺材部にアテを形成している地上高 7.2m 以下の部分についてその平均 φ を表記すると第6表のようになり、アテ形成側は約 100% の φ をしめし、引張側の φ はその2倍近い値であつた。 φ と地上高との間には一次的な関係は全くみとめられなかつた。

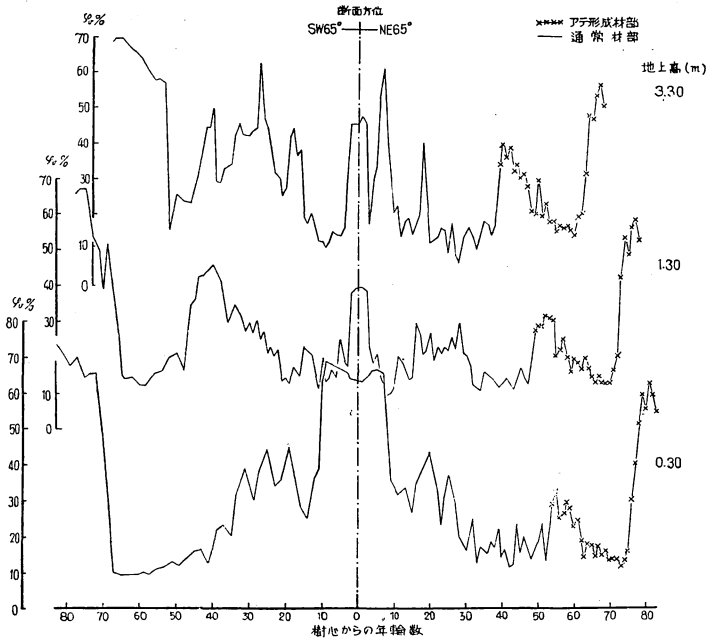
単位体積中に含まれる水分量の年輪に対す

第7表 辺材部 φ_r の圧縮・引張側別比較

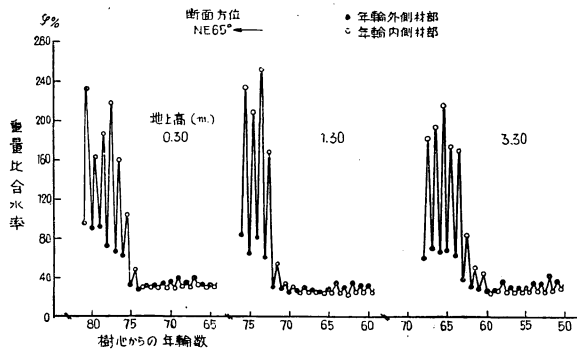
地上高 (m)	$\varphi_r\%$		比較数	
	圧縮側	引張側	圧縮側	引張側
0.30	57.9	65.6	100	113
1.30	52.8	55.2	100	105
3.30	51.8	63.7	100	123
平均	54.2	61.5	100	113

* 木材々質の森林生物学的研究, 第1報

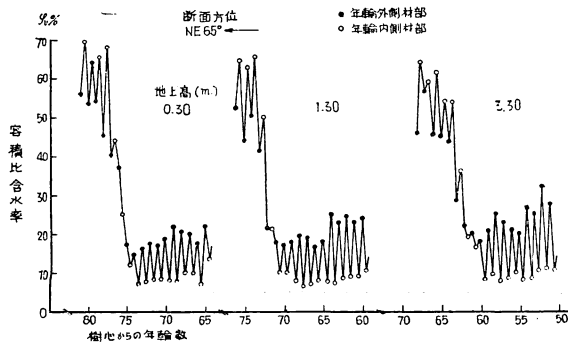
第7図 年輪別容積比含水率 ($\phi_v\%$) の分布



第8図 (a) アテ形成材部に於ける生材重量比含水率の年輪内外側材部別分布



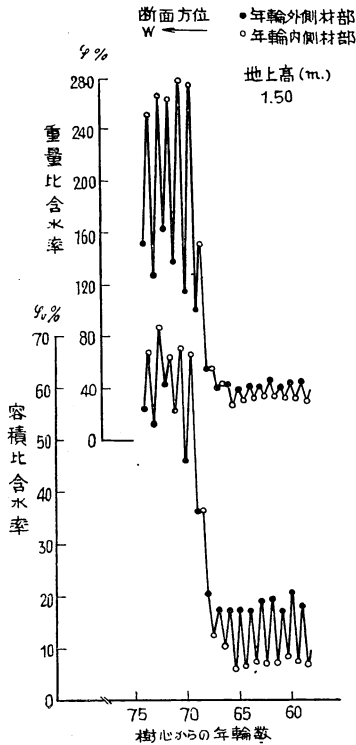
第8図 (b) アテ形成材部に於ける生材容積比含水率の年輪内外側材部別分布



及び (b) の如くであつた。これは地上高 0.3, 1.3 及び 3.3m に於けるアテ形成側の辺材部及びそれに接続する若干の心材部年輪数についての分布状態である。年輪内側及び外側材部のもつ含水率はその大小関係が ϕ 及び ϕ_v とも辺材部から心材部に移行するときに入れ替り、両者の差は ϕ に於いて辺材部で大きく心材部で小さく、 ϕ_v に於いてその逆であつた。この傾向は正常材に於ける年輪内外層の ϕ 又は ϕ_v の分布状態と類似している (第8図 (c)*)。第8表はこれら ϕ 及び ϕ_v の平均値と

* 第1報記載の試料による。

第8図 (c) 正常材に於ける生材含水率の分布

第8表 アテ形成材部に於ける年輪内外側材部別 ϕ 及び ϕ_r

地上高 (m)	年輪	ϕ %			
		心材		辺材	
		内側	外側	内側	外側
0.30	65~81	31.6	34.1	199.8	84.6
1.30	60~76	27.1	29.4	216.1	71.4
3.30	51~68	28.8	32.6	165.7	59.7
平均	—	29.2	32.0	193.9	71.9
比較数	—	100	110	100	37

地上高 (m)	年輪	ϕ_r %			
		心材		辺材	
		内側	外側	内側	外側
0.30	65~81	9.1	18.7	66.9	52.2
1.30	60~76	8.5	20.5	60.8	47.3
3.30	51~68	9.9	22.4	58.4	45.1
平均	—	9.2	20.5	62.0	48.2
比較数	—	100	223	100	78

その比較数を示したものであるが、心材部及び辺材部に於ける年輪内側材部の ϕ はいづれも正常材のそれにおけるよりも低い値をしめし、 ϕ_r はいづれも正常材のそれに近似的であつた。又年輪外側材部の ϕ は辺材部とも正常材のそれより著しく小であつたが、 ϕ_r では辺材部に於いてより低く心材部に於いてより大であつた。

IV 容積密度数

(1) 供試材及び測定法

樹幹の傾斜方向断面に沿う一年輪毎及び年輪内外側材部別の容積密度数、並びに各齡階に於ける樹幹の切線方向に対する容積密度数の分布状態を観察した。前者の測定には前項の観測に使用した年輪別及び年輪内外側材部別含水率試験片を用い、その飽水時容積と絶乾時重量とから各容積密度数 $R \text{ g/cm}^3$ を求めた。後者の測定には各円盤の全方位にわたつて樹心を通る10°間隔の直線と樹幹傾斜直後の5年毎齡階区間 61~65 年より5年おきの年輪境界とによつて囲まれる扇形の材片を測定試験片とした。そのために厚さ約 1cm の円盤を木取り飽削し上記のごとく完全に5年輪を含む10°間隔の材部に区割整理番号記入の上、帶鋸の鋸身に刃を付したナイフによつて各年輪境界に沿つて剝離せしめた。引張側材部及び梢端材部に於いて肥大生長量僅少のため供試体が著しく小さくなる恐れあるものについてはその切線方向巾を20°に併せ

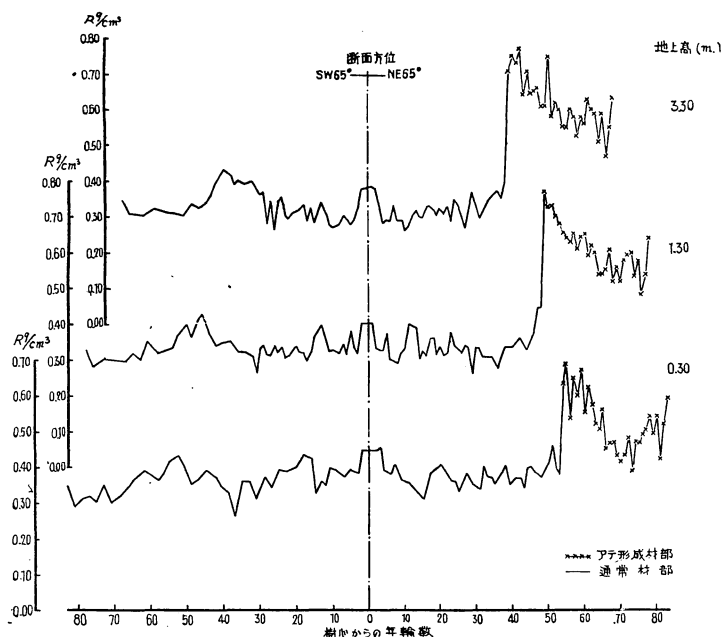
たものもある。このようにして得られた 1543 個の供試体についてその飽水時容積と絶乾時重量とを測定し各々の容積密度数を算出した。これらの測定法及び算出式は前報記載の通りである。

(2) 測定結果

i) 樹幹傾斜方向断面に沿う容積密度数とその分布

樹幹の傾斜方向直径に沿う一年輪毎の容積密度数 $R \text{ g/cm}^3$ を地上高 0.3, 1.3 及び 3.3 m について図示すると第9図のごとくであつた。Rは引張側から樹心を通つて圧縮側のアテ形成材部に至るまでの間、ほぼ一定の巾 ($R \approx 0.3 \sim 0.4$) をもつて波状に分布し、樹幹傾斜が生じてアテの分化が開始された樹齢 59 年に於いて急激なRの増加を与え、以後年輪を重ねるにつれて漸次低下していく傾向をしめし、アテ形成材部に対応する引張側材部のRは樹幹傾斜前に構成された材部のRよりも低い grade で分布しているようにみとめられた。これらの材部のRを平均値で表示すると第9表にみられるように、アテ形成材部と之に対応する引張側材部及び樹幹傾斜前の材部とのRの平均値は 100 : 58 : 61 の割合でしめされ、アテ形成材部のRは他の材部のその1倍半から2倍に近い大いさであつた。

第9図 年輪別容積密度数の分布



このアテ形成材部の容積密度数分布について更に各年輪を内外側材部に二分して観察すると、第10図のように年輪内側側材部と外側材部との交互の配列は著しく大きな容積密度数と著しく小さな容積密度数との急激な変移の波状分布としてしめされ、両者の年輪に対する分布はおおむね並行的に移行していることが認められた。両材部の平均容積密度数は第10表の如くで

第9表 容積密度数の材部別比較

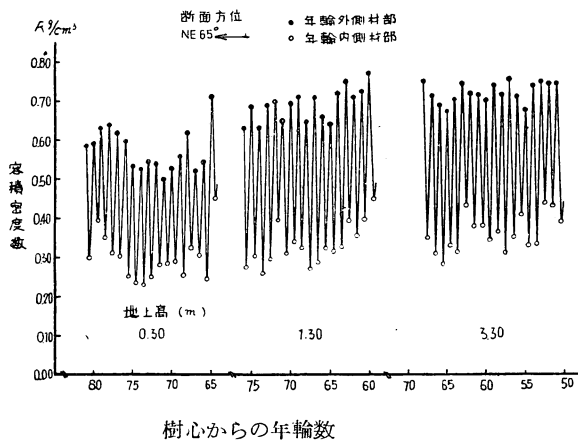
地上高 (m)	R g/cm ³				比較数			
	C	T	N	T+N	C	T	N	T+N
0.30	0.527	0.340	0.380	0.360	146	94	107	100
1.30	0.614	0.334	0.349	0.341	180	98	102	100
3.30	0.623	0.347	0.327	0.337	185	103	97	100
平均	0.588	0.341	0.356	0.343	171	99	104	100

C 樹幹傾斜後に於ける圧縮側材部

T " 引張側材部

N 樹幹傾斜前に於ける材部

第10図 アテ形成材部に於ける年輪内外側材部別容積密度数の分布



第10表 アテ形成材部に於ける年輪内外側材部別容積密度数(R)の比較

地上高 (m)	年輪	R g/cm ³		比較数	
		内側	外側	内側	外側
0.30	65~81	0.305	0.571	100	187
1.30	60~76	0.327	0.689	100	211
3.30	51~68	0.364	0.722	100	198
平均	—	0.332	0.664	100	200

図参照)は極めて大なるRをもつて占められ、特にアテ分化の外的条件が与えられた直後の生長期に於いて重い材を生産しており、生長の時間的経過とともに材の重量は減少していく傾向が明瞭である。しかし、半径生長量とRの大いさとの関係は明らかでなく、たゞ0.3~3.3mに於ける容積密度数と年輪巾との平均値は第11表のごとくとなつて最大容積密度数は年輪巾

年輪外側材部の容積密度数は年輪内側材部のその2倍位の大きさもち、また年輪内側材部の容積密度数は正常トドマツ材の容積密度数*に近似的で $R \approx 0.23 \sim 0.45$ g/cm³ の巾をしめし、年輪外側材部のそれは $R \approx 0.50 \sim 0.78$ g/cm³ の巾を与えた。樹幹内に保持される容積密度数は材の構成要素の変移に伴つて甚しい錯列性を有するから、材の容積密度数の数値的表

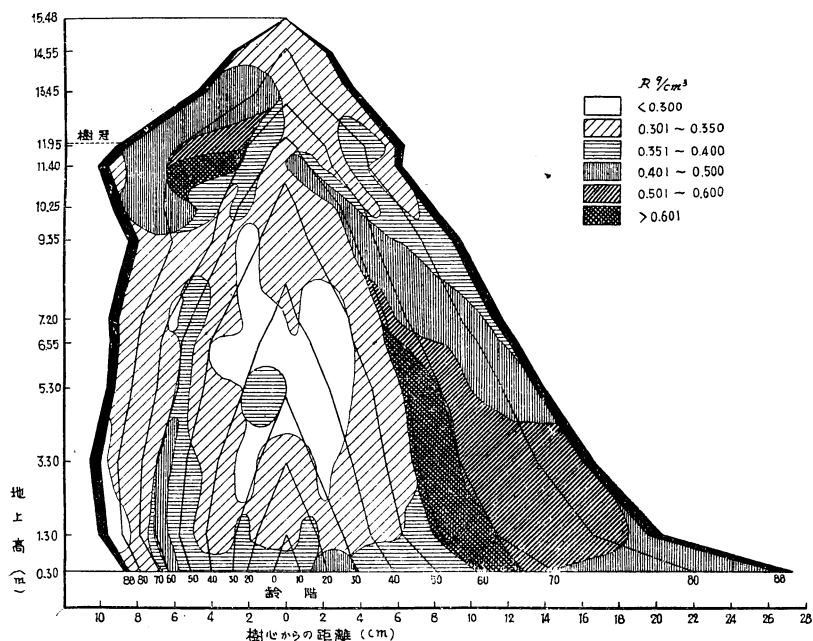
現はこれら錯列性の系列的追究の上に求められなければならない。

樹幹傾斜方向断面に沿う年輪を単位とする平均容積密度数の分布状態を樹幹図上に取纏めると第11図の様であつた。樹幹の中心部に R. Trendelenburg 氏の述べているような軽いRの領域がみとめられるが、アテを形成せる領域(第2

* 木材々質の森林生物学的研究, 第3報

2~3mm の領域に現われ、偏心の度合とこれに伴うアテ分化による R の度合とは必ずしも一次的な関係のものではないようにみられた。

第 11 図 傾斜方向断面に於ける容積密度数分布図



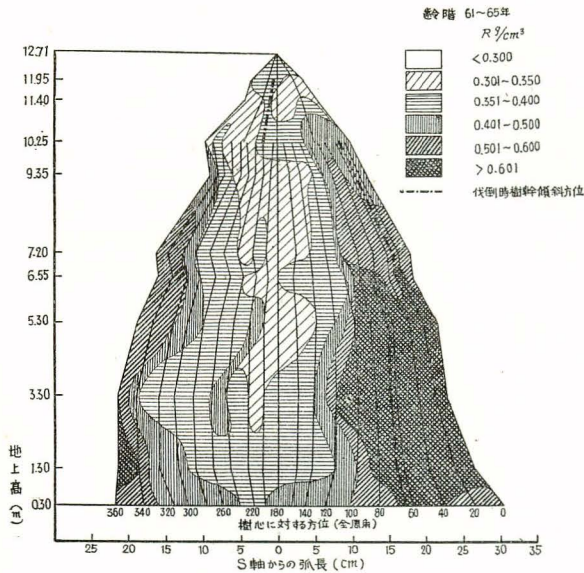
第 11 表 アテ形成材部に於ける年輪巾と容積密度数

年輪巾 mm	~2.0	~2.5	~3.0	~3.5	~4.0	~4.5	~5.0	~5.5	~6.0	~6.5
出現比較度数 %	8.9	7.8	7.8	15.6	13.3	15.6	8.9	3.3	6.7	8.9
平均 R g/cm³	0.611	0.654	0.654	0.609	0.584	0.582	0.585	0.529	0.580	0.462

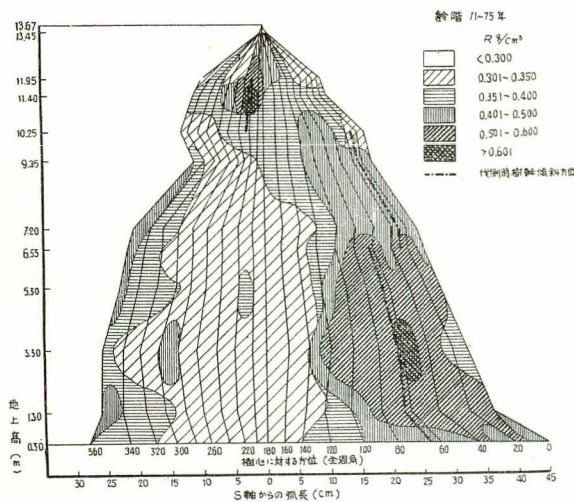
ii) 切線方向に対する容積密度数分布の変移

5 年輪毎の切線方向に連続する試片によつて観察された容積密度数を各齢階に於ける生長表面の展開図上に取纏めて、第 12 図に (a) 61~65 年、(b) 71~75 年及び (c) 81~85 年の分布図を例示した (第 4 図参照)。これらの図は各容積密度数を各試片がもつ最外樹齢表面の展開図上に乗せたものである。図によつて明らかなように、樹幹の傾斜による切線方向に対する重量分布は大體に於いて樹幹の傾斜方向に最も重い材部を生産し漸次遞減して、樹幹傾斜方向の略対称位置に最も軽い材部を形成しているごとくである。また縦方向についても圧縮側材部は最も重い材部の領域から漸次軸に沿う上下方向に遞減する傾向をしめてゐる。肥大生長の経過に伴つて各齢階に於ける樹幹表面積従つて材積の増分は著しく増加したが (第 2 表参照)、圧縮側における最も重い材の占める部分は齢階を増すごとに減少して軽い材の占める部分が增加しており、また引張側においても重さの量的変移は齢階の増加に関して同様な傾向に

第 12 図 (a) 齢階 61~65 年に於ける容積密度数分布図



第 12 図 (b) 齢階 71~75 年に於ける容積密度数分布図



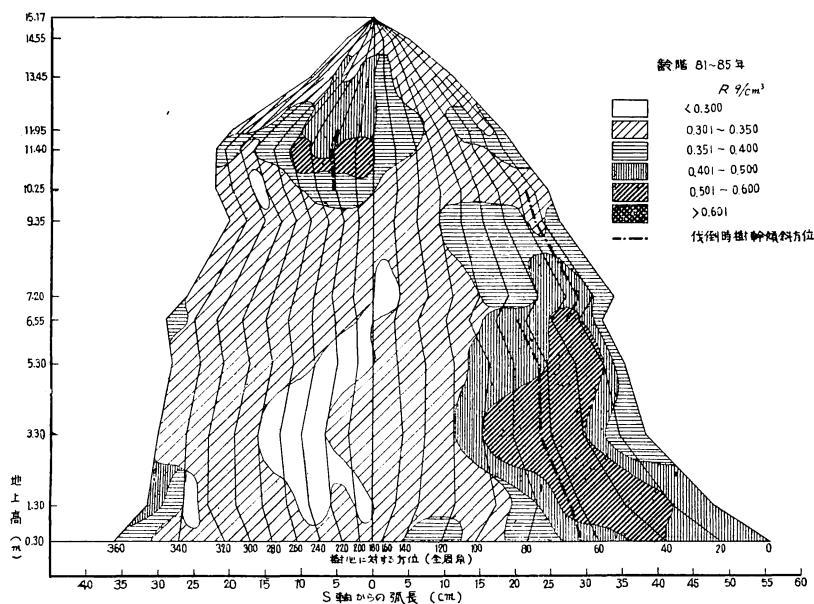
在つた。

いま各齢階毎の全肥大増分に於けるアテ形成材部（圧縮側材部）とそれ以外の材部（引張側材部）との平均容積密度数を各地上高ごとに求めると第 12 表のごとくである。これによると、地上高に対するアテ形成材部の全容積密度数は地上高 1.3 又は 3.3m に於いて最大値をしめしてその下方及び上方に向つて漸減したが引張側材部のそれは地上高と無関係にほぼ一定の領域にあるごとくで、従つて両者の比は 1.3~3.3m に最大値を与えて軸に沿う上下方向に遞減した。肥大生長に伴う容積密度数の変移はアテ形成材部では齢階を増すごとに減少する傾向がみとめられ、引張側材部のそれもほぼこの傾向に随伴するごとくであつた。従つてアテ分化の質的度合が重量生産的關係をももつとすれば、軸の傾斜による外的条件が全く変化しないにもかかわらず、アテの分化は量的にも亦質的にも生長の時間的

経過とともにその度合を減じる傾向に在つたことをしめした。

総じて地上高 10.25 m 以下の 5 年毎齢階間隔に生産された材部の平均容積密度数は、アテ形成材部に於いて $0.400 \sim 0.618 \text{ g/cm}^3$ の範囲で全平均 0.514 g/cm^3 であり、引張側材部に於いては $0.309 \sim 0.402 \text{ g/cm}^3$ の領域で全平均 0.334 g/cm^3 であつて、圧縮側材部平均容積密度数の下限と引張側材部平均容積密度数の上限とは略 0.4 g/cm^3 にみとめられたが、この限界値はトドマツ正常材の容積密度数上限値よりも低い値であつた。

第12図 (c) 齢階81~85年に於ける容積密度数分布図



第12表 齢階毎肥大増分の容積密度数の変移

地上高 (m)	材 部	R g/cm³						61~88	
		61~65	66~70	71~75	76~80	81~85	86~88	R	C/T
0.30	C	0.530	0.499	0.458	0.480	0.473	0.475	0.491	1.42
	T	0.402	0.380	0.352	0.328	0.337	0.322	0.345	
1.30	C	0.599	0.537	0.524	0.509	0.507	0.542	0.551	1.68
	T	0.371	0.353	0.340	0.310	0.309	0.320	0.328	
3.30	C	0.618	0.570	0.517	0.516	0.505	0.477	0.543	1.65
	T	0.371	0.340	0.336	0.315	0.314	0.322	0.329	
5.30	C	0.579	0.562	0.512	0.478	0.462	0.457	0.517	1.55
	T	0.355	0.343	0.356	0.322	0.319	0.322	0.334	
6.55	C	0.553	0.577	0.495	0.466	0.451	0.430	0.507	1.53
	T	0.357	0.332	0.340	0.325	0.325	0.320	0.331	
7.20	C	0.522	0.466	0.461	0.419	0.400		0.461	1.40
	T	0.355	0.322	0.336	0.322	0.321		0.330	
9.35	C	0.494	0.447	0.468				0.470	1.40
	T	0.334	0.323	0.348				0.335	
10.25	C	0.447						0.447	1.27
	T	0.353						0.353	
0.30~ 10.25	C	0.559	0.542	0.497	0.480	0.472	0.477	0.514	1.54
	T	0.358	0.343	0.345	0.321	0.322	0.321	0.334	
	C/T	1.56	1.58	1.44	1.49	1.47	1.48		

C 圧縮側材部

T 引張側材部

V 収 縮 変 形

(1) 供試材及び測定法

アテ形成材部及びこれに対応する引張側材部に於ける材片の水分喪失に伴う容積収縮率を測定し、またアテ形成材部に於ける年輪内外側材部別の収縮率を切線、放射及び繊維三方向について測定した。

前者の測定には地上高 3.3m の円盤から厚さ 1cm の供試円盤を木取り、両面を鉋削したのち 5 年輪を挟む年輪境界と樹心に於いて $10^{\circ} \sim 20^{\circ}$ の角度をなす半径との囲む扇形試験片を、アテ形成材部及びこれに対応する引張側材部から採取し、水中に浸漬して完全飽水状態ならしめて水中に於ける浮力を測定し、次で除々に乾燥せしめて絶乾状態ならしめ之をガソリン中に浸漬して完全にガソリンを含んだ状態でガソリン中の浮力を測定した。各浮力から各時容積を求め、ガソリンが材を膨潤せしめる量は無視して差支えないものとの仮定のもとに夫々を飽水時容積及び絶乾時容積と見做して容積収縮率 $\alpha_v\%$ を算出し、また絶乾時重量と各時容積とから容積密度数 $R \text{ g/cm}^3$ 及び絶乾容積重 $r_0 \text{ g/cm}^3$ を求めた。供試数はアテ材部 82 個、引張側材部 68 個、計 150 個であつた。

また、年輪内外側材部別収縮率の測定には、アテ形成材部に於ける年輪の内側及び外側材部から標準寸法 15mm (切線方向) $\times$ 20mm (繊維方向) $\times$ 1.5mm (放射方向) の板目小試片を各材部 60 個宛計 120 個鉋削作製し観測に供した。これらの試験片について前報に記載せると全く同様の要領によつて標点設定して、その切線、放射及び繊維三方向収縮率 α_t 、 α_r 及び $\alpha_l\%$ を測定し、又各試験片の水中浮力の測定に基いてその容積密度数を算出した。

尚各収縮率はいずれも完全飽水時を原長とする絶乾時に至る収縮量の百分率でしめし、その測定法及び算出式等は前報同様である。

(2) 測定結果

i) 材部による収縮率の偏倚

完全な 5 年輪を含む容積収縮率供試片がめした平均容積密度数 $R \text{ g/cm}^3$ 、絶乾容積重 $r_0 \text{ g/cm}^3$ および容積収縮率 $\alpha_v\%$ は第 13 表のごとくで、アテ材部試片の α_v は $7.11 \pm 0.18\%$ であつ

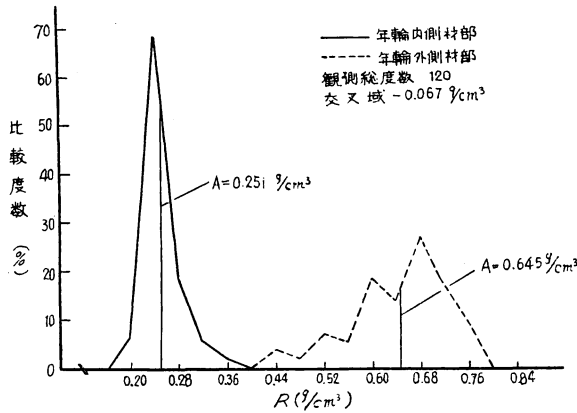
第 13 表 完全な 5 年輪を含む材片による
 R 、 r_0 及び α_v の平均値

材 部	ア テ 形 成 材 部		引 張 側 材 部	
	算術平均値	標準偏差	算術平均値	標準偏差
$R \text{ g/cm}^3$	0.519	0.101	0.324	0.020
$r_0 \text{ g/cm}^3$	0.555	0.097	0.366	0.028
$\alpha_v \%$	7.11	2.41	11.57	1.95

たに対して引張側材部試片の α_v は $11.57 \pm 0.16\%$ であつて、引張側材部はアテ形成材部の 1.6 倍程度の容積収縮率を与えた。この両材部の R 又は r_0 の大きさはアテ材部が引張側材部よりも遙かに大であつたにも拘らず、その容積収

縮率が逆の大きさを示したことは、一般に正常材について観察される重さと収縮量との関係に一致しない。又収縮量が重さに対して逆位にあることのために両材部の R 又は r_0 について、それぞれの比は 1.6 又は 1.5 であつて R よりも r_0 の方がより近接した値で表現されることになる。

第13図 アテ形成材部に於ける年輪内外側材部別
収縮試験片容積密度数の度数分布



第14表 供試体 R の代表値

代 表 値	年輪内側材部	年輪外側材部
算 術 平 均	0.251	0.645
標 準 偏 差	0.026	0.074
メ デ ィ ア ン	0.247	0.661
モ ー ド	0.25	0.67
変 化 係 数	10.4	11.5
最小～最大 交 叉 域	0.200～0.368	0.435～0.777 ±0.067

第15表 アテ形成材部に於ける年輪内外側
材部別 α の平均値比較

材 部	平均値	R	α_t	α_r	α_l	α_n
年輪内側	算術平均	0.251	5.46	2.20	0.83	8.30
	標準偏差	0.026	1.08	0.81	0.37	1.58
年輪外側	算術平均	0.645	4.37	3.13	2.36	9.55
	標準偏差	0.074	0.86	0.63	0.49	0.96

部別試験片による値とを比較すれば第16表のようになつて、前者のアテ材部と後者の外側材部および前者の引張側材部と後者の内側材部とがそれぞれ近似的な値を与えてそれぞれの α_v の R に対する大きさの類似性をしめした。

次にアテ形成材部から木取られた年輪内側及び外側材部別収縮試験片について、その容積密度数をしめすと度数分布は第13図のようになり、代表値は第14表のごとくであつたが平均値に於いて外側材部 R は内側材部 R の2倍半を超えるものであつた。この供試体について観測された切線、放射、繊維各方向収縮率 $\alpha_t, \alpha_r, \alpha_l$ % 及びこれらの数値から各個体毎に

算出された容積収縮率 α_v % の平均値を求めると第15表のごとくであつて、両材部の容積密度数の領域に大差あるにかかわらず、両者の各方向収縮率は繊維方向収縮率 α_l を除いてそれ程大差をもつては示されず、 α_t は内側材部に於いて僅かに優り α_r, α_v は外側材部に於いて僅かに凌駕し α_l のみが外側材部に於いてかなり大であつた。総じて各方向収縮率は年輪内側

に於けるよりも外側に於ける方がより近接した値であり、又 α_l の大きさは正常材の微小なそれに較べれば極めて著しい特徴であつた。

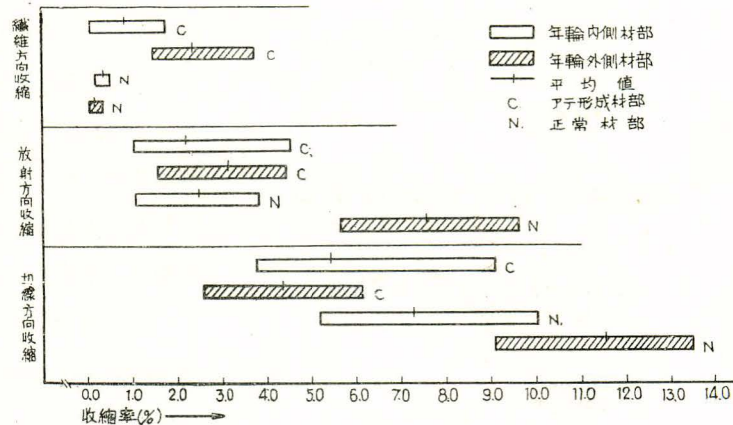
また、容積収縮率と容積密度数との比 α_v/R について、5年輪を含む試験片による値とこの年輪内外側材

第 16 表 測定材片による α_v/R の比較

測定試片	5 年輪を含む材片		アテ年輪を二分せる材片	
材 部	ア テ	引 張	外 側	内 側
α_v / R	13.7	35.7	14.8	33.1

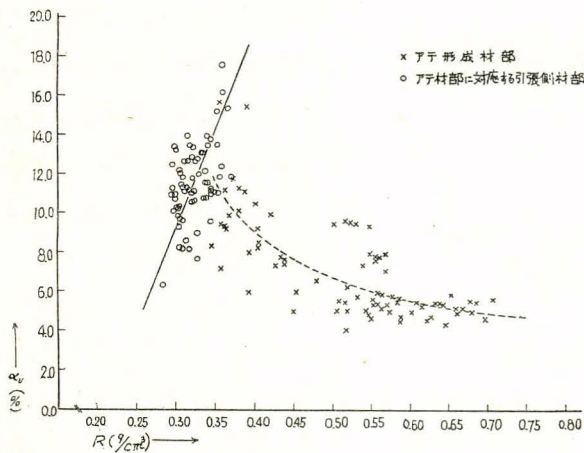
第 14 図に年輪内外側材部別に観察された各方向収縮率の範囲と平均値とを示す。

第 14 図 各材部に於ける収縮の範囲と平均値



ii) 収縮率と容積密度数との関係

5 年輪を含む各試験片から測定された容積収縮率 $\alpha_v\%$ をそれぞれの容積密度数 $R \text{ g/cm}^3$ に対して座標上に載せると第 15 図のようになった。各測点の分散はかなり激しいけれども、お

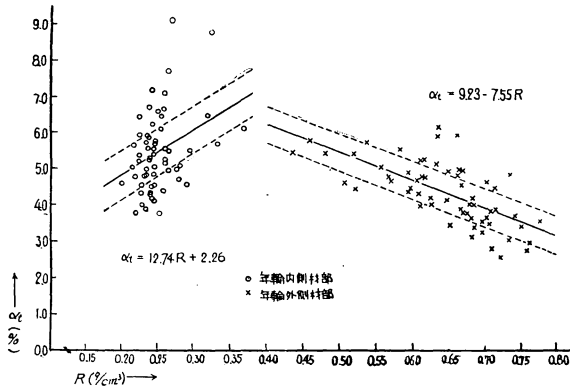
第 15 図 圧縮及び引張側材部の α_v と R との関係

およそ引張側材部の α_v は R の増加にともなつて増大し、アテ形成材部の α_v は R の増加に従つて減少する傾向が明らかで、アテ形成材部の α_v は R に対してむしろ曲線的に漸減するごとくみえた。 R の増加方向に対する α_v の増加又は減少の限界容積密度数は定かではないがおよそ $R \approx 0.35 \sim 0.40$ 附近にあるようにも思われる。従つて材の

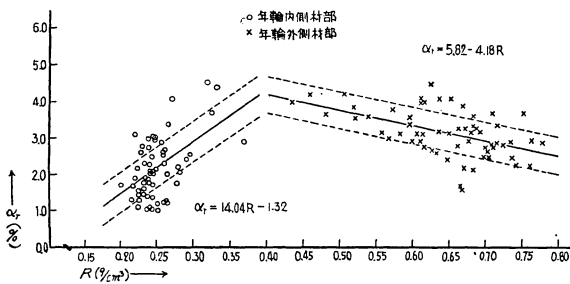
容積密度数又は比重の増加の方向と容積収縮率の増加の方向とが一致するという R と α_v との一般的関係は、アテの分化せる異常材については明らかにあてはまらない。

この重さと収縮率との関係に於いて異常な傾向を示したアテ形成材部について、その各年輪を構成する内側材部と外側材部とから採取された小試片によつて測定された切線、放射及び繊維

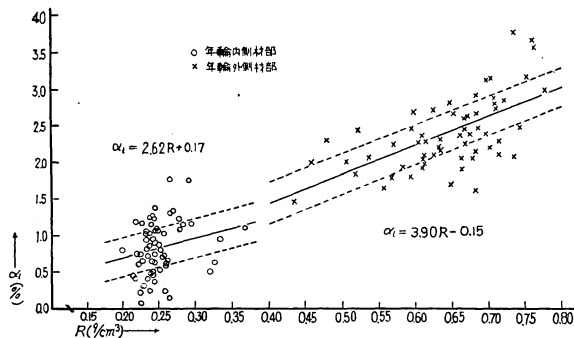
第16図 (a) アテ形成材部の年輪内外側材部別
 α_t と R との関係



第16図 (b) アテ形成材部の年輪内外側材部別
 α_r と R との関係



第16図 (c) アテ形成材部の年輪内外側材部別
 α_l と R との関係



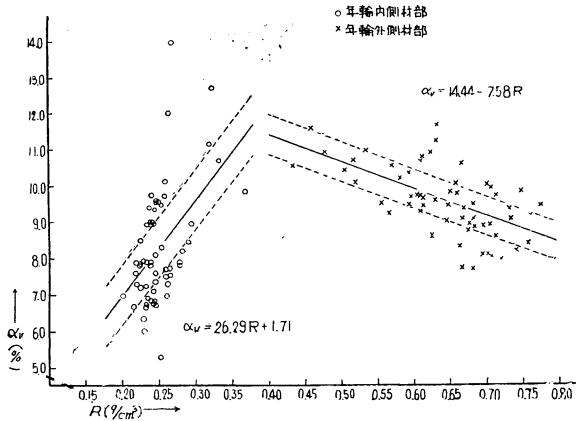
維各方向の収縮率 α_t , α_r 及び α_l は、その容積密度数 R との関係に於いて第16図 (a), (b) 及び (c) にみられるような配列を与えた。またこれらの各方向収縮値から計算された各容積収縮率 α_v と容積密度数 R との関係は第16図 (d) のようになった。各側点の分散は年輪内側材部に於いて特に甚しいが、両者間に略直線の関係があるものと見做して計算すると、直線式

$$\alpha = a \cdot R + b$$

は各収縮方向について第17表の如く示された。これらの値について最も顕著に認められることは、 a の符号が、年輪内側材部に於いてはすべての a について (+) であるのに対して、年輪外側材部に於いては α_t を除くすべての α について (-) であるということである。即ち、R の増加方向に対して、年輪内側材部は α_t , α_r , α_l とともに増加し年輪外側材部は α_t 及び α_r が減少し α_l のみが増加する傾向を示し、又 α_r は R の増加に伴つて内側材部に於いて増加の、外側材部に於いて減少の方向をもつた。従つて、前報にて

観察されたように正常材にあつては α_t , α_r および α_l は R の増加に伴つて増加し、 α_t は R の増加に従つて減少する関係をもつのが一般であるから、アテの分化せる年輪内にあつては、その内側で正常材に類似した α と R との関係をしめし、その外側で正常材と逆位の関係をし

第16図 (d) アテ形成材部の年輪内外側材部別
 α_v と R との関係



第17表 アテ形成材部に於ける
年輪内外側材部別 α と
R との関係

α	$\alpha = a.R + b$			
	a		b	
	内側	外側	内側	外側
α_v	+26.29	-7.58	+1.71	+14.44
α_t	+12.74	-7.55	+2.26	+9.23
α_r	+14.04	-4.18	-1.32	+5.82
α_l	+2.62	+3.90	+0.17	-0.15

めすということがみとめられた。たゞ内側材部の α_t のみが R の増加と

方向を同じくして外側材部における傾向に類似したが、その測点は著しく分散した。

IV 実施した観察の概要とその考察

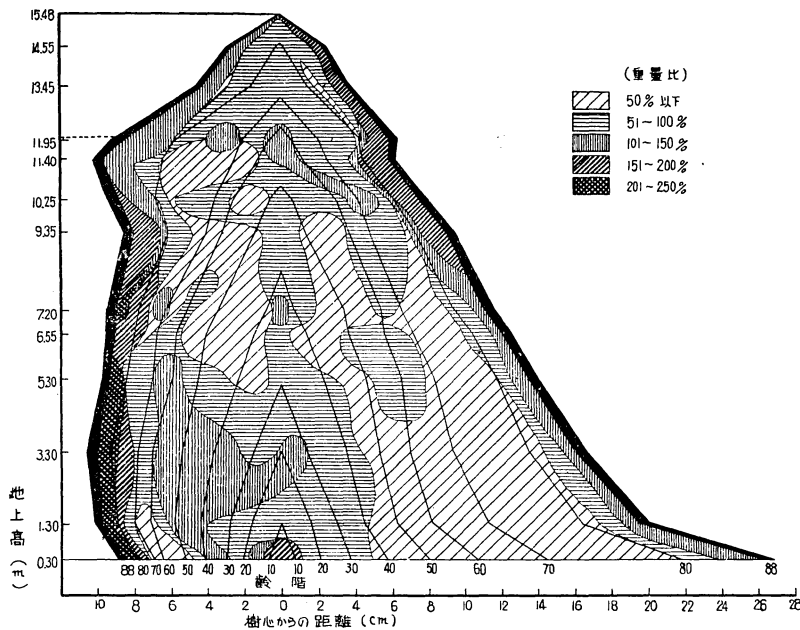
直立位にあつた樹幹がその基部より傾斜を生じ重力の刺激を受けて肥大生長偏倚しアテの形成を伴つた樹齢 88 年のトドマツ材について、その生材含水率、容積密度数および収縮変形の状態を観察した。該供試木は三つの屈曲樹幹部と梢端の直立部分とからなり、樹幹部の傾斜は地上高 10m 附近以下と以上との二回にわたつて生じたと考えられるものであつた。

(1) 生材含水率

樹幹傾斜方向断面に沿う生材含水率の分布について一年輪毎に観察し、またアテ形成材部について一年輪内の色調の差異によつて識別した年輪内側材部と外側材部別に測定した。該材の心材部分は水喰状態に在つたが、辺材部分の重量比含水率 φ は引張側が圧縮側の 2 倍近く、容積比含水率 φ_v は両側かなり接近した値であつた。材の水分收容能力はその容積密度数の大きさに関係するから、辺材に於ける圧縮側及び引張側材部の φ の差違は、前述の如く圧縮側容積密度数が著しく大であることに因るものと考えられ、これはさきに観察されたトドマツ正常材の辺材に於ける年輪内外層部分の φ の差違と類似している。アテ形成材部に於ける年輪内外側材部別の φ 若しくは φ_v の差違は正常材の場合と全く定性的に類似しており、心材に於いては外側材部が内側材部に優り特に φ_v について著しく、辺材に於いては逆に内側材部が外側材部を凌駕し特に φ について著しくしめされた。

樹幹の半径方向、切線方向或は軸方向に対する生材水分の分布は、植物生理学的要素に加えてその材の構成要素の変化とともに偏倚するものと認められるから、生材含水率の分布は非常に複雑な様相を呈するものとなる。いま 1 年輪を単位として測定された値からその樹幹傾斜方

第17図 樹幹傾斜方向断面に於ける生材含水率分布図



向縦断面に沿う生材含水率 ϕ の分布状態を樹幹図上にしめせば第17図の様になり、その容積密度数の分布(第2及び11図参照)と比較対照すれば ϕ は引張側の軽い材の部分に多く圧縮側の重い材の部分に少く分布していることがみとめられる。

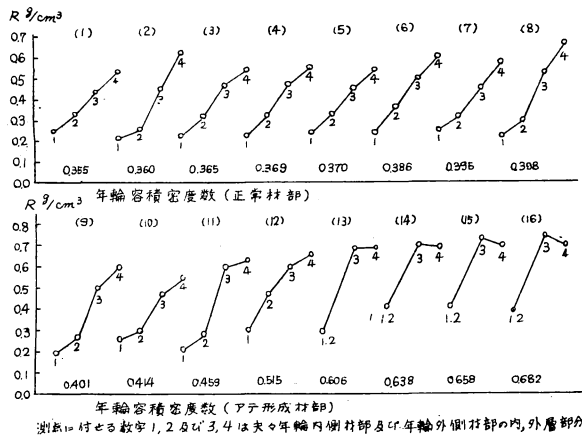
生材含水率の観察は、その容積密度数及び湿気的性能の究明とともに生材容積重の錯列性に数値的根拠を与えるものであつて、木材利用上さらに究明される必要があるものとする。

(2) 容積密度数

樹幹の傾斜方向断面に沿う1年輪毎容積密度数及びそのアテ形成材部に於ける年輪内外側材部別容積密度数の分布状態を観察し、又5年輪を含む扇形試片によつて各地上高に於ける全横断面積にわたる容積密度数の分布状態を測定して材の肥大生長増分に対する重量生産の経過を観察した。

測定された各容積密度数 $R \text{ g/cm}^3$ の大きさは極めて広い範囲に在ることをしめしたが、アテ形成材部に於ける材は他の材より一般に大なる R を与え、又アテ形成材部に属する年輪内ではその外側材部は内側材部より常に著しく大なる R をしめした。木材の1年輪内に於ける R の分布はさらに細分すればその内層から外層にかけて急激な増加がしめされることは材の細胞組織からみて当然であり、細胞数の半径生長に対する R の分布は正常材では上昇のみがみとめられるが、しかしアテ材部で R の大なる年輪では上昇の後に下降しているのがみとめられる(第18図)。これはアテの分化程度に伴つて生産される細胞形態の種々な組合せによつてもたらされる結果であり、アテの春材は正常の春材よりも比重大きくアテの秋材は正常の秋材よりも比重

第 18 図 年輪内に於ける容積密度数の変移

第 18 表 材片による R の平均値及び範囲

試片材部	1 年輪を含む材片による		アテ年輪を 2 分せる材片による	
	引張側	圧縮側	内側	外側
平均 R	0.341	0.588	0.332	0.664
標準偏差	0.036	0.086	0.057	0.075
最小~最大	0.283~0.439	0.391~0.777	0.233~0.450	0.500~0.782

均値及び範囲を纏めると第 18 表の通りであり、圧縮側材部の年輪自体及びその年輪内の外側材部はそれぞれに対応する材部に比して著しく大であつた。又完全なる 5 年輪を含む扇形材片による地上高 10 m 以下における全肥大生長増分に対する圧縮及び引張側材部 R の平均は夫々 0.514 及び 0.334 g/cm^3 で圧縮側は引張側の 1.54 倍であつた。樹幹の肥大生長に伴つて生産されるアテ材部の重量は生長の時間的経過とともに減少し、また引張側材部のそれもより低い grade で同様な傾向にあつた。アテの分化程度と材の重量生産とがある程度まで一次的な関係にあるものとすれば、重力の刺激による屈地性屈曲は太い樹幹部では不活潑なために樹幹が長く傾斜する場合にはアテの分化程度を次第に減ずる傾向に在るものと考えられ、また之に対応する引張側材部では樹幹の傾斜直後に生産される材の細胞形態が一時変化した漸次常態に回復するものと考えられる。又アテ形成材部に於いて偏心の度合と重量生産とは一致しなかつたことが認められたが、これは樹体活力の二次的な制約に基いたものと思われる。

(3) 収縮変形

アテ形成材部と之に対応する引張側材部とについて 5 年輪を含む試片によつて容積収縮率 $\alpha_r\%$ を測定し、又アテ形成材部に属する年輪の内側及び外側材部を別々に木取つて各方向の収縮率を観察し、容積密度数との関係を求めた。

アテ材の容積収縮率は引張側材部又は正常材* のそれより遙かに小さく、またアテ材部年輪

* 木材材質の森林生物学的研究, 第 2 報記載。

が小さいという報告もある。従つて年輪としての容積密度数の相対的關係は必ずしもその物性の相対的關係と並行するものとは限らない。

さきに観察された正常材同様の異常材についても R の大きさが甚だ浮動性に富むものであつたにかかわらず、樹幹傾斜方向徑に沿つて採取された試片による R の平

の内側材部は外側材部より僅かに小さく示されたが、 α_r/R の値は引張側材部とアテ年輪内側材部およびアテ材部とアテ年輪外側材部とのそれぞれの類似性をしめした。 α_r と R との関係について、 R の増加方向に対する α_r の増減方向は前二者に於いて増加の、後二者に於いて減少の方向を与え、全く定性的に相反する傾向を示した。又アテ年輪内外側材部の各方向収縮率のうち繊維方向については両材部とも R と α_t とが増加の方向を同じくして正常材の場合と逆の傾向であつたが、切線及び放射両方向 α_t 及び α_r については R の増加に伴つて内側材部は増加、外側材部は減少する傾向を与えた。年輪内側及び外側材部別の α の比較値及び両材部に於ける各方向収縮比を求めると第 19 表の如くであつて、外側材部は内側材部に α_t において最も優り α_r において之に亞ぎ

第 19 表 アテ形成材部における年輪内外側材部別 α の比較値

外側 α /内側 α	α_t 0.80	α_r 1.42	α_t 2.84	α_r 1.15	(R) (2.57)
収 縮 比	α_t/α_r	α_t/α_t	α_r/α_t		
内 側 α	2.48	6.58	2.65		
外 側 α	1.40	1.85	1.33		

α_t において劣つており、各方向収縮率は内側材部におけるよりも外側材部における方がより接近した値である。

夫々の年輪内に於いて α の大きさが異り且つその R の大きさに対し

て相反する傾向をもつ材部の結合体として存在するアテ材部の収縮率及びその重さとの関係については、さきに観察された正常材の場合と同様、極めてより複雑な収縮様式を呈するものと考えられる。これら収縮の方向的差異、材部の差異或は材質的差異等の機構に関しては種々の解析がなされているが、未だすべての観察事項を満足せしむべき収縮機構は正常材についても尙明らかにされていない。ただアテ材の特異性として第二次肥厚膜に於けるミセル配列による説明がよく適合するとされている。

木材の組織的構成に関係なく木取られた材片がしめす収縮に関する見掛けの定性的傾向は、必ずしも木材一般の収縮性に関する普遍的定性とは見做され得ない。ひとつの年輪の中から取り出された部分の収縮様式はそれらの部分の結合体としての年輪自体の収縮様式とは全く異つたものとして示される筈であり、木材に於ける収縮の異方性乃至不等質性の連続的偏倚はそれらの全体的綜合としてしめされる木材の収縮量に雑多な変域を与えることになる。従つてある基準についてほぼ共通な組織的構成を含む材片にあつては、その重さに対する収縮量の変移はある巾の変域を保ちながら推移し、重さの増加方向に対する容積収縮量の増加は漸次その度合を減じ或る限度を超えて減少の方向に移行するものと思われる。その限界重量はトドマツ材の場合 $R=0.35\sim 0.45 \text{ g/cm}^3$ 附近に在るとみられる。

文 献

- 1) 尾中文彦：樹木の肥大生長偏倚に関する研究，特にアテの形成を伴ふ偏心生長の原因的考察 京都大学演習林報告，第 10 号（昭和 12）
- 2) ——：アテの研究 京都大学木材研究所報告，第 1 号（昭和 24）
- 3) ——：樹木の肥大成長の縦断的配分 京都大学演習林報告，第 18 号（昭和 25）
- 4) 矢沢亀吉：トドマツ，エゾマツ枝条及び側根の容積比重，体積収縮率，含水率及び辺心材について 日本林学会誌，第 23 巻第 9 号（昭和 16）
- 5) ——：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，収縮率及び辺心材等に就いて 岐阜農専学術報告，第 52 号（昭和 19）
- 6) ——；スギ樹幹，枝条に於ける生材比重，絶乾比重，生材含水率，体積収縮率及び辺心材等に就いて 岐阜農専創立 25 年記念論文集（昭和 25）
- 7) 矢沢，桶，岩田：アカマツの樹幹，枝条に於ける生材含水率，比重，体積収縮率及び春秋材別の比重生材含水率等について 日本林学会誌，第 33 巻第 1 号（昭和 26）
- 8) 平井信二：林木の重量生長に関する研究（第 1 報）富士演習林産カラマツ 東大演習林報告 第 35 号（昭和 22）
- 9) ——：林木の重量生長に関する研究（第 2 報）秩父演習林産オウシウトウヒ 東大演習林報告 第 38 号（昭和 25）
- 10) ——：林木の重量生長に関する研究（第 3 報）茨城県大子産スギ 東大演習林報告，第 39 号（昭和 26）
- 11) ——：パルプ資材としての北海道産樹種の研究並に其の育林学的考察（第 4 報）アオトドマツ及びカラマツ林の重量生産成果 昭和 17 年度日本林学会々員研究論文集（昭和 18）
- 12) 渡辺，重松：エゾマツ・トドマツ及びグイマツ原生林の樹幹に於ける容積重の分布に就て 九大演習林報告，第 13 号（昭和 18）
- 13) ——：キリシマアカマツ林の樹幹に於ける容積重の分布に就て 九大演習林報告，第 15 号（昭和 22）
- 14) ——：ヒノキ林の樹幹に於ける容積重の分布 九大演習林報告，第 16 号（昭和 23）
- 15) 平井左門：樹幹内木材容積重の錯列性（主として落葉松樹幹について）北大演習林報告，第 14 巻第 2 号（昭和 24）
- 16) 蕪木自輔：木材々質の森林生物学的研究，第 1 報，野幌産トドマツ材の生材含水率，容積密度数及び収縮変形に関する春秋材部別観察 林業試験場研究報告，第 46 号（昭和 25）
- 17) 加納孟：トドマツ材の伸縮性について 北海道林業試験集報，第 68 号（昭和 24）
- 18) ——：木材々質の森林生物学的研究，第 2 報，トドマツ材の湿気的特性について 林業試験場研究報告，第 46 号（昭和 25）
- 19) ——：木材々質の森林生物学的研究，第 3 報，野幌産トドマツ材の年輪巾，秋材率，容積密度数の偏異について（本誌）
- 20) Pillow, M. Y. & R. F. Luxford: Structure, occurrence, and properties of compression wood. U. S. D. A., Tech. Bul., No. 546, (1937)
- 21) Kohler, A.: Longitudinal shrinkage of wood. Forest Products Lab., Report No. R 1093, (1946)
- 22) Kollman, F.: Technologie des Holzes. (1936)
- 23) Trendelenburg, R.: Das Holz als Rohstoff. (1939)
- 24) Pillow, M. Y.: Variation in longitudinal shrinkage of second-growth Douglas-fir. Jour. of Forestry, Vol. 47, No. 5, (1949)

Résumé

The distribution of the moisture contents, the bulk-density of green lumber and their shrinkage were observed on a typical compression wood of Todo-fir (*Abies Mayriana* Miyabe et. Kudô) grown at Nopporo district in Hokkaidô.

The results obtained were as follows:

(1) This sample tree had the wet-duramen, and the moisture content of green lumber ($\phi\%$) of the tension side of the trunk was twice as large as that of the compression side in the alburnum. In each annual ring of the compression side, ϕ of the inner part was larger than that of the outer part in the alburnum, and the outer part was larger than the inner part in the duramen.

(2) In the alburnum the moisture volume per unit dimensions ($\phi_v\%$) of the compression side came up nearly to that of the tension side, and the outer part to the inner part in each annual ring of the compression side, but in the duramen ϕ_v of the inner part was half as much as that of the outer part.

(3) The bulk-density R g/cm³ (based on weight when oven-dry and volume when green) was measured on all parts of the trunk, and the mean value of the specimens containing perfect 5 annual rings was compression side: 0.514 g/cm³, tension side: 0.334 g/cm³. R of the specimens containing only one perfect annual ring was compression side: 0.391...0.777, average 0.588, tension side: 0.283...0.439, av. 0.341, and R of the outer part in each annual ring of compression side was 0.500...0.782, av. 0.664, inner part 0.233...0.450, av. 0.332 g/cm³.

(4) The shrinkage ($\alpha\%$) given by the specimens of various parts of the trunk were as following table:

specimen shrinkage (%)	containing 5 annual rings				in each annual ring of the compression wood			
	compression side		tension side		outer part		inner part	
	a.m.*	s.d.*	a.m.	s. d.	a.m.	s. d.	a.m.	s. d.
volume	7.11	2.41	11.57	1.95	9.55	0.96	8.30	1.58
tangential	—	—	—	—	4.37	0.86	5.46	1.08
radial	—	—	—	—	3.13	0.63	2.20	0.81
longitudinal	—	—	—	—	2.36	0.49	0.83	0.37
R (g/cm ³)	0.519	0.101	0.324	0.020	0.645	0.074	0.251	0.026

* a.m.: arithmetic mean.

s.d.: standard deviation.

(5) The correlation of the shrinkage to the bulk-density was inquired, and it was found that corresponding to the increase of their R , the shrinkage of the volume of the specimens containing 5 annual rings increased in the tension side, but decreased in the compression side. On the specimens of the inner and outer part separated from each annual ring of the compression side, it was shown as next table:

shrinkage (%)	inner part in the annual ring	outer part in the annual ring
volume	+26.29 $R+1.71$	-7.58 $R+14.44$
tangential	+12.74 $R+2.26$	-7.55 $R+9.23$
radial	+14.04 $R-1.32$	-4.18 $R+5.82$
longitudinal	+2.62 $R+0.17$	+3.90 $R-0.15$