

(1) 木材部材料科材質第二研究室長・林学博士

Table 2. 供試木の概要
Sample trees

成 長 の 程 度	供試木番号 No. of sample tree	胸 高 径 B. H. D. (cm)	樹 高 Height (m)	枝 下 高 Clear length (m)	樹 冠 幅 Width of crown (m)	材 積 Volume (m ³)	枝 条 量 Volume of branch (m ³)
優 勢 木 Dominant tree	595	32	25.2	9.3	4.0	0.585	0.0403
中 庸 木 Intermediate tree	611	22	22.7	13.9	4.0	0.339	0.0132
劣 勢 木 Codominant tree	815	14	14.9	7.0	3.9	0.106	0.0044

供試木の樹高、胸高径、樹齡などは Table 2 にしめしたが、伐倒後いずれもその地上高 0.0 m, 1.3 m, 3.3 m, ……と順次 2 m おきに厚さ約 10 cm の円板を採取し、その中間の玉切り材は節枝のあらわれかたを調査するための供試丸太とした。

2. 観察と測定の方法

2.1. 年輪構成と容積密度数の測定

供試木の地上高別に採取した円板について、幹の山—谷側とこれに直交する合計 4 方位で各年輪の年輪幅と秋材率を測定した。年輪の観察の方法はこれまでの報告⁴⁾ にのべてあるものとおなじであるが、春材から秋材に移行するちかくで秋材色に類似した褐色の着色層が発達しているもののおおく (Photo. 1 参照)、これは検鏡の結果、樹脂細胞が年輪にそつて切線状に配列していることをしめした (Photo. 2 参照)。このような年輪ではこの樹脂細胞の発達にそつてそのまわりの仮導管の細胞膜が肥厚していることがおおく、年輪の構造としては異常なものとみなした。このような年輪で秋材幅の測定はたんに秋材の着色部の幅できめることができないので、コンパレーターの顕微鏡の倍率を上げて、春秋材細胞の横断面における形態的な特徴を観察しながら秋材幅の測定をおこなつた。また、供試木の各地上高ごとに採取された円板のはぼ中央部でさらに厚さ約 1 cm の円板を木取り、鉋削後、あらかじめその円板について調査された樹幹析解の 5 年輪おきの等樹齡線と一致させて、樹皮側から 5 年輪おきの年輪境界で剥離して齡階ごとの供試片をつくり容積密度数を測定した。この供試片の木取りかたや容積密度数の測定の方法は、すべてこれまでの報告⁵⁾ にのべたものとおなじである。

2.2. 幹のなかの節枝の成長の経過

円板を採取したあとの供試丸太は、その樹心を中心にして約 32 等分されるようにミカン割りした。この挽材面 (正粧目面) には節枝の縦断面があらわれるが、その節枝の位置 (地上高)、生節、死節および無節部分の水平投影長と、それぞれの部分の年輪数を調査した。この調査法や調査結果については別報⁷⁾ に詳述したが、本報ではこの結果にもとづいて、各節枝が幹のなかで生節枝から死節枝に移っているところをあきらかにし、その成長の経過と幹のなかの材質の変化とを関連させて追求しようとした。

3. 観察の結果

3.1. 枝下材と樹冠材

3.1.1. 幹のなかの節枝の枯れ上がる軌跡

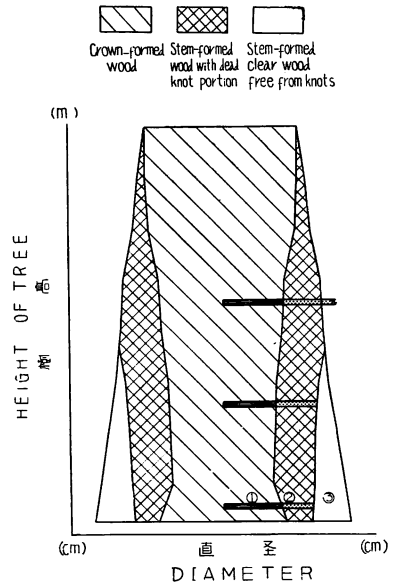
供試丸太をミカン割りした挽材面にあらわれてくる節枝の生節の部分、死節の部分、節のない部分が幹の半径方向にしめる長さとその年輪数を測定し、これらの測定値を供試木の一定地上高の範囲(0~1 m, 1~2 m, 2~3 m, ……と材長1 mの範囲)の節枝について平均した。この平均値の変化は別報に総括した*1が、この関係を供試木の各地上高の平均半径でつくった樹幹成長図にのせると、それぞれの幹のなかで節枝が成長した平均的な経過をしめすことになる。この経過は模式的に Fig. 1 にしめたが、地上高べつの節枝について生節枝から死節枝にうつっている境界をむすんでみるとこの境界線は幹の成長にともなつて枝が枯れ上がった軌跡をしめていることになり、これをさかいにしてその内側の材部は幹の成長の過程でつねに樹冠のついていた幹の部分にあたっており、その外側の部分は枝下の部分にあたっていたことになる。

また、死節枝の外端をむすんだ線をさかいにして、その外側の材部は節のない幹の部分(この死節枝の外端は一定地上高における平均的な位置をしめすものであるから、実際にはこの平均値より長い死節がなお分布していることになる)にあたり、この無節の部分をしめす境界と生節枝と死節枝の境界にかこまれた部分はその材部に死節枝が頻出するところにあつていることになる。

このような意味から、幹の材部を節枝の枯れ上がる軌跡によつて枝下材と樹冠材にわけ、さらに枝下材を死節枝の外端の境界によつて無節材と死節材にわけた。

3.1.2. 枝下材と樹冠材の材積

供試木の幹の各地上高と樹皮側から5年おきの等樹齡線によつてかこまれた区分材積をもとめ、この区分材積を幹のなかで枝が枯れ上がる軌跡と無節材や死節材の境界にしたがつて分類し、その分類ごとの区分材積を集計して幹の枝下材(無節材と死節材)と樹冠材の材積を近似的に計算した。この枝下材、樹冠材の大きさをそれぞれの供試木の幹材積にたいする比率としてもとめると Table 3 にしめすように、成長のことなる階層に属する供試木についてもその比率はかなり近似しており、3本の供試木を平均して無節材の大きさは幹材積の31.7%, 死節材は34.2%, これらの合計である枝下材は65.9%, したがって樹冠材の大きさは34.1%になつている。この各材部べつの大きさのうち無節材の大きさの割合は成長



- ① 生節の部分 Live-knot portion
- ② 死節の部分 Dead-knot portion
- ③ 節のない部分 Clear wood free from knots

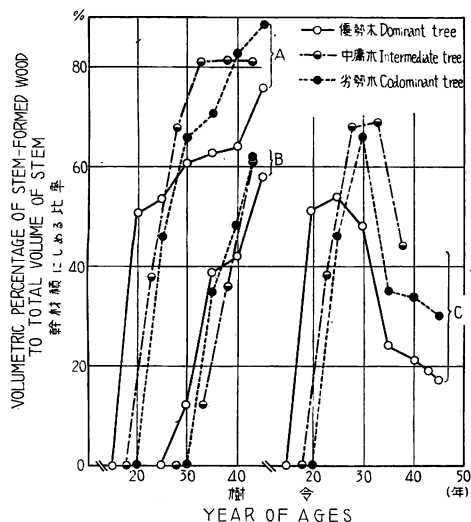
Fig. 1 幹のなかの節枝の成長の経過による樹幹区分

Classification of stem parts according to the boundary line resulting by the observation about the longitudinal section of branch knots

*1 製材原木としてのスギ造林木の品質(第1報)釜淵産材の節, 林試研報, 112, (1959) p. 71, Fig. 36, Fig. 37.

Table 3. 枝下材と樹冠材の材積
Volume of stem- and crown-formed wood

幹の部位 Parts of stem	供試木 Sample trees		優 勢 木 Dominant tree		中 庸 木 Intermediate tree		劣 勢 木 Codominant tree		平 均 Average
			m ³	%	m ³	%	m ³	%	
無 節 材 Stem-formed clear wood			0.3011	35.1	0.1014	30.0	0.0324	29.9	31.7
死 節 材 Stem-formed wood with dead knot portion			0.2452	28.6	0.1325	39.2	0.0377	34.8	34.2
枝 下 材 Stem-formed wood			0.5463	63.6	0.2339	69.3	0.0701	64.7	65.9
樹 冠 材 Crown-formed wood			0.3121	36.4	0.1038	30.7	0.0382	35.3	34.1
全 幹 材 Volume of stem			0.8584		0.3377		0.1083		



A : 枝下材の比率 B : 無節材の比率
C : 死節材の比率

Fig. 2 枝下材の樹齢による変化
Relation of tree ages to volumetric
percentage of stem-formed wood

の優勢なものほど大きくなる傾向がみられるが、その他の材部についてはあきらかな傾向はみとめられない。

また、この材部べつをの大きさを供試木の樹齢階ごとにくらべ（供試木の樹齢階ごとに幹に形成された各材部べつの大きさをその階階時の幹材積にしめる割合としてもとめた）て Fig. 2 にしめた。

これから無節材は樹齢 25～30 年からその形成がはじまつており、伐倒調査時にいたるまで樹齢とともに直線的に増大する傾向がみとめられた。これにたいして死節材は樹齢 15～20 年から形成がはじまり、その大きさもはじめ樹齢とともに直線的に増大しているが、20～35 年の樹齢階に最大値があらわれこれを過ぎると樹齢とともに低減していく傾向がみとめられる。この死節材の大きさ（幹にしめる容積比率）の最大値はその階階時における幹材積の 50～

70%にあたつており、劣勢木が優勢木より大きい比率をしめしている。

このような幹の各区分ごとの大きさ（幹材積にたいする容積比率）は、たとえば植栽密度とか枝打ちの経過などのような造林地の保育形式によつて著しく変化するであろうから、林木を材料的に評価するためのひとつの指標としての意味をもつ¹³⁾ものとかんがえられる。

3.2. 材の年輪構成の特徴

3.2.1. 枝下材と樹冠材を構成する年輪の性状

観察した年輪についてその年輪内に樹脂細胞が発達しているもの（Photo. 1～2 参照）とアテのみとめられるものを区別し、これらを除きたいわば正常な年輪とに区分した。このような年輪について幹の枝下材と樹冠材の材部べつにその出現数を集計して Table 4 にしめた。

Table 4. 年輪の性状べつのあらわれかた
Frequencies on the characteristics of annual rings

幹の部位 Parts of stem	成長の程度	年輪の性状 Characteristics of annual rings	正常な年輪 Normal annual rings		樹脂細胞のある年輪 Annual rings accompanied by resin cells		アテの年輪 Annual rings in compression wood		合計 Total rings
			N	%	N	%	N	%	
無節材 Stem-formed clear wood	優勢木	Dominant tree	62	86.1	10	13.9			72
	中庸木	Intermediate tree	39	75.0	13	25.0			52
	劣勢木	Codominant tree	43	93.5	2	6.5			46
	合計	Total	144	84.7	26	15.3			170
死節材 Stem-formed wood with dead knot portion	優勢木	Dominant tree	43	68.3	20	31.7			63
	中庸木	Intermediate tree	61	82.4	13	17.6			74
	劣勢木	Codominant tree	47	90.4	5	9.6			52
	合計	Total	151	79.9	38	20.1			189
枝下材 Stem-formed wood	優勢木	Dominant tree	105	77.8	30	22.2			135
	中庸木	Intermediate tree	100	79.4	26	20.6			126
	劣勢木	Codominant tree	90	91.8	8	9.2			98
	合計	Total	295	82.2	64	17.8			359
樹冠材 Crown-formed wood	優勢木	Dominant tree	28	20.3	107	77.5	3	2.5	138
	中庸木	Intermediate tree	25	23.8	67	63.8	13	12.4	105
	劣勢木	Codominant tree	28	35.0	42	52.5	10	12.5	80
	合計	Total	81	25.1	216	66.9	26	8.0	323

これからあきらかなように、樹脂細胞のあらわれてくる年輪の頻度は供試木を合計して枝下材に 17.8 %, 樹冠材に 66.9 %で、樹冠材にいちじるしくおおく、これにたいして正常な年輪はその枝下材に82.2 %, 樹冠材に 25.1 %で枝下材にその頻度がたかい。また、無節材は死節材にくらべて正常な年輪の頻度がたかく、樹脂細胞のある年輪の頻度は小さい。さらに供試木べつにみると、枝下材、樹冠材の材部とも優勢木は劣勢木にくらべて樹脂細胞のある年輪の頻度がややたかく、正常な年輪の頻度はすくなくなる傾向がみとめられている。

3.2.2. 年輪幅のあらわれかた

年輪幅の測定値をその供試木ごとに集計して、その出現頻度を Fig. 3 にしめた。これによれば3本の供試木について年輪幅の頻度分布はあきらかにことなっており、年輪幅が 3.0 mm より広いものは劣勢木や中庸木より優勢木に頻度がたかく、

2.0 mm よりせまい年輪幅は優勢木、中庸木より劣勢木に頻度がたかく、その中間の 2.0~3.0 mm の年輪幅は中庸木に最も頻度がたかくなっている。供試木ごとに年輪幅のモード、算術平均値、標準偏差をもとめると Table 5 にしめすように、成長のことなる供試木のあいだでこれらの値はいちじるしい差異をしめた。

このような年輪幅の測定値を各供試木を合計してその枝下材と樹冠材の材部べつに区分し、それぞれの材部における頻度を

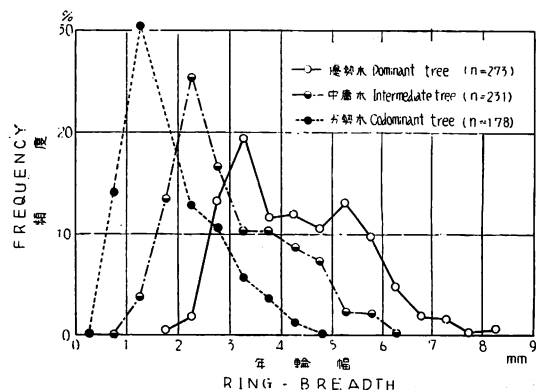


Fig. 3 各供試木における年輪幅の頻度
Frequencies on annual ring-breadth in every sample tree

Table 5. 各供試木における年輪幅のモード・算術平均値・標準偏差
Statistical values of ring-breadth in every sample tree

供試木 Sample trees	モ ー ド Mode mm	算 術 平 均 Arithmetic mean mm	標 準 偏 差 Standard deviation mm	測 定 数 Number of measurment
優 勢 木 Dominant tree	3.1~3.5	4.4	1.3	273
中 庸 木 Intermediate tree	2.1~2.5	3.0	1.1	231
劣 勢 木 Codominant tree	1.1~1.5	1.9	0.8	178
合 計 Total	2.6~3.0	3.3	1.5	682

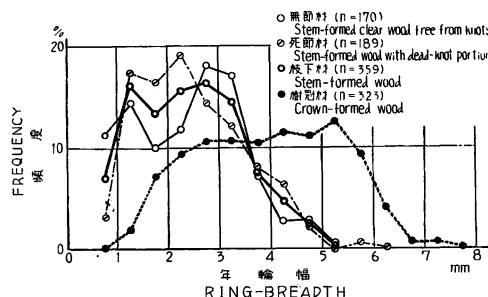


Fig. 4 枝下材と樹冠材における年輪幅の頻度
Frequencies on annual ring-breadth in stem- and crown-formed wood

Fig. 4 にしめした。これによれば枝下材と樹冠材とでは約 3.5 mm の年輪幅をさかいにして、これよりせまい年輪幅は枝下材にその頻度がたかく、これより広い年輪幅は樹冠材にその頻度がたかくなっている。枝下材のうちで無節材と死節材における年輪幅のあらわれかたはかなり近似しており、これらのあいだの差異はあきらかでない。供試木の材部べつに年輪幅のモード、算術平均値、標準偏差をもとめて Table 6 にしめしたが、樹冠材と枝下材における年輪幅の平均値の比（樹冠材の年輪幅の平均値/枝

下材の年輪幅の平均値）は優勢木で 1.42、中庸木 1.58、劣勢木 1.78、平均 1.53 であつた。

また、観察した年輪を正常なものと樹脂細胞の発達しているものに区分し（Table 4 にしめしたように、このほかにアテの年輪が観察されたが、その出現数がすくないのでこの集計から除外した）、この分

Table 6. 枝下材と樹冠材における年輪幅のモード・算術平均値・標準偏差
Statistical values of ring-breadth in stem- and crown-formed wood

幹の部位 Parts of stem	優 勢 木 Dominant tree				中 庸 木 Intermediate tree				劣 勢 木 Codominant tree				合 計 Total			
	Mo	M	σ	N	Mo	M	σ	N	Mo	M	σ	N	Mo	M	σ	N
枝 下 材 Stem-formed wood	3.1 ~ 3.5	3.6	1.1	135	2.1 ~ 2.5	2.4	0.8	126	1.1 ~ 1.5	1.4	0.6	98	2.6 ~ 3.0	2.6	1.3	359
樹 冠 材 Crown-formed wood	5.1 ~ 5.5	5.1	0.9	138	3.1 ~ 4.5	3.8	0.9	105	1.6 ~ 2.0	2.5	0.7	80	5.1 ~ 5.5	4.0	1.4	324
樹冠材/枝下材 Ratio of stem- and crown-formed wood		1.41				1.58				1.78				1.53		

(注) Mo: モード, M: 算術平均, σ : 標準偏差, N: 測定数。

(Note) Mo: Mode, M: Arithmetic mean, σ : Standard deviation, N: Number of measurment.

類ごとに年輪幅の測定値の頻度をくらべて Fig. 5 にしめた。これから正常な年輪と樹脂細胞のある年輪とは約 3.5 mm の年輪幅をさかいにして、これよりせまい年輪幅は正常な年輪にその頻度がたかく、これより広い年輪幅は樹脂細胞のある年輪に頻度がたかくなっている。この結果は幹の部位べつにもとめた年輪幅の頻度分布 (Fig. 4) と全く一致しており、これはこれらの年輪の性状べつのあらわれかたが、幹の部位べつにきわめて特徴的であること (Table 4) にもとづくものとおもわれる。

3.2.3. 秋材率のあらわれかた

秋材率の測定値を供試木べつに集計して、その頻度分布を Fig. 6 にしめた。これから優勢木にあらわれる秋材率は中庸木、劣勢木のものにくらべて秋材率が 10 % より小さい範囲に頻度がたかく、中庸木と劣勢木とのあいだにはあきらかな差異はみとめられない。供試木ごとに秋材率のモード、算術平均値、標準偏差をもとめると Table 7 にしめすように秋材率の算術平均値は優勢木 10 %, 中庸木 14 %, 劣勢木 18 %, 合計 13 % で、成長の劣勢なものほど大きく、その標準偏差も大きい。また、秋材率の測定値を幹の枝下材と樹冠材の材部ごとに集計してその頻度を Fig. 7 にしめたが、枝下材と樹冠材の材部は秋材率 10 % をさかいにしてこれより小さい秋材率のものは樹冠材に、これより大きい秋材率は枝下材にその頻度がたかくなっており、枝下材のうちの無節材、死節材における秋材率の頻度分布にはあきらかな差

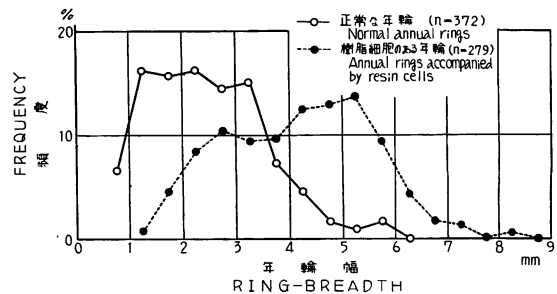


Fig. 5 年輪の性状べつの年輪幅の頻度
Frequencies on ring-breadth classified by the characteristics of annual rings

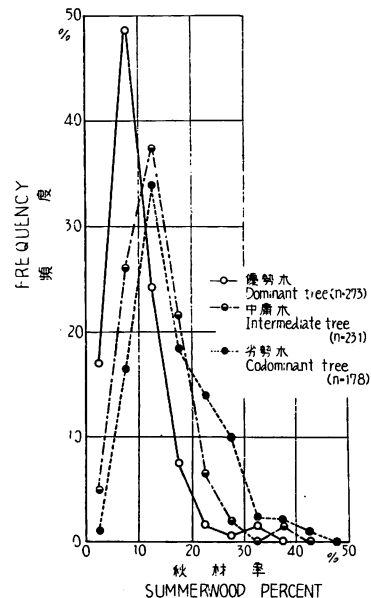


Fig. 6 各供試木における秋材率の頻度
Frequencies on summerwood percentage in every sample tree

Table 7. 各供試木における秋材率のモード・算術平均値・標準偏差
Statistical values of summerwood percentage in every sample tree

供試木 Sample trees	モ ー ド Mode	算 術 平 均 Arithmetic mean	標 準 偏 差 Standard deviation	測 定 数 Number of measurement
優 勢 木 Dominant tree	6~10	10	5.3	273
中 庸 木 Intermediate tree	11~15	14	7.8	231
劣 勢 木 Codominant tree	11~15	18	8.7	178
合 計 Total	6~10	13	7.2	682

Table 8. 枝下材と樹冠材における秋材率のモード・算術平均値・標準偏差
Statistical values of summerwood percentage in stem- and crown-formed wood

幹の部位 Parts of stem	優 勢 木 Dominant tree				中 庸 木 Intermediate tree				劣 勢 木 Codominant tree				合 計 Total			
	Mo	M	σ	N	Mo	M	σ	N	Mo	M	σ	N	Mo	M	σ	N
枝 下 材 Stem-formed wood	6~ 10	11	3.9	135	11~ 15	15	5.3	126	11~ 15	19	7.3	98	11~ 15	17	6.9	359
樹 冠 材 Crown-formed wood	6~ 10	8	6.1	138	6~ 10	12	5.9	105	6~ 15	15	9.3	80	6~ 10	11	7.7	324
樹冠材/枝下材 Ratio of stem- and crown-formed wood		0.72				0.80				0.79				0.64		

(注) Mo: モード, M: 算術平均, σ : 標準偏差, N: 測定数。

(Note) Mo: Mode, M: Arithmetic mean, σ : Standard deviation, N: Number of measurment.

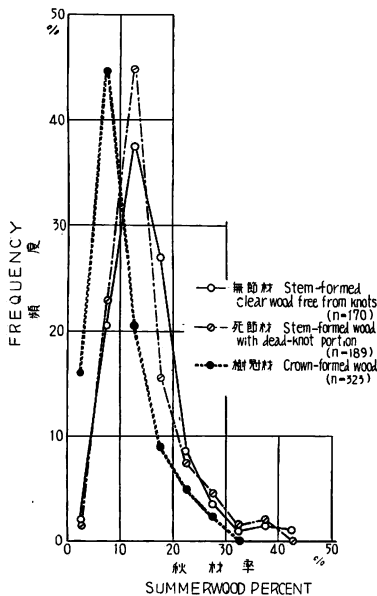


Fig. 7 枝下材と樹冠材の秋材率の頻度
Frequencies on summerwood percentage
in stem- and crown-formed wood

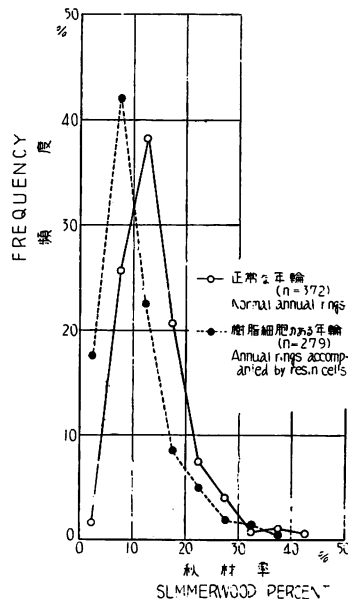


Fig. 8 年輪の性状べつ秋材率の頻度
Frequencies on summerwood percentage classi-
fied by the characteristics of annual rings

異はみとめられない。これらの材部べつに秋材率のモード、算術平均値、標準偏差は Table 8 にしめしたが、各供試木とも樹冠材の秋材率の平均値は枝下材におけるより小さく、枝下材と樹冠材における秋材率の平均値の比(樹冠材の秋材率の平均値/枝下材の秋材率の平均値)は 0.72~0.80 であつた。

また、正常な年輪と樹脂細胞のある年輪についてそれらの年輪の秋材率の頻度をくらべると、Fig. 8 にしめすように秋材率 10 %をさかいにしてこれより小さい秋材率は樹脂細胞のある年輪にその頻度がたかく、これより大きい秋材率は正常な年輪に頻度がたかい。これは幹の部位べつにもとめた秋材率の頻度分布の特徴 (Fig. 7) と全く近似しており、年輪幅のあらわれかたと同様に枝下材、樹冠材におけるこれ

らの年輪の性状べつ々の出現の状態にもとづいて
いるものとかがえられる。

3.2.4. 年輪幅と秋材率の関係

年輪幅の一定範囲(0.5 mm おき)における
秋材率の測定値を平均して年輪幅にたいする平
均秋材率の関係を供試木ごとにもとめてFig. 9
にしめた(測点の数字は測定数をしめている
)。これから各供試木とも年輪幅がある限度
をこえると年輪幅の増大にたいして秋材率が低
減する反比例的な関係がみつめられ、この限度
よりせまい年輪幅の範囲では各供試木とも年輪
幅と秋材率のあいだにはほぼ比例的な関係があら
われている。この秋材率の最大値がみつめられる
年輪幅は供試木によつてことなるが、いずれの供
試木においても出現する年輪幅の最小限界に近い
ため、これらの関係を無視して年輪幅と秋材率に
はほぼ反比例的な関係がみつめられてくる。

このような年輪幅と秋材率の関係を幹の枝下材
と樹冠材べつ々にもとめると Fig. 10 にしめすよう
に、それぞれの材部における年輪幅の出現の範囲
にわたつてこの両者のあいだにあきらかな反比例
的な関係がみつめられ、枝下材と樹冠材における
差異もあきらかでない。

また、この関係を正常な年輪と樹脂細胞のある
年輪について Fig. 11 にしめたが、年輪幅が
4.0 mm よりせまい範囲では同一年輪幅にたい
する平均秋材率は正常な年輪にくらべて、樹脂
細胞のある年輪がややたかい値をしめている
が、年輪幅が 4.0 mm をこえるとこの関係は不
規則であり、年輪の性状べつ々のちがいはあきら
かでない。この樹脂細胞のある年輪の秋材率が
正常な年輪の秋材率より大きな値をしめす年輪
幅の範囲は、おもに枝下材にあらわれてくる
(Fig. 4 参照)ものであり、したがつて、枝下
材においては樹脂細胞のある年輪が正常な年輪
にくらべて同一の年輪幅においてもややたかい
秋材率をしめすものがおおかつたものとおもわれる。

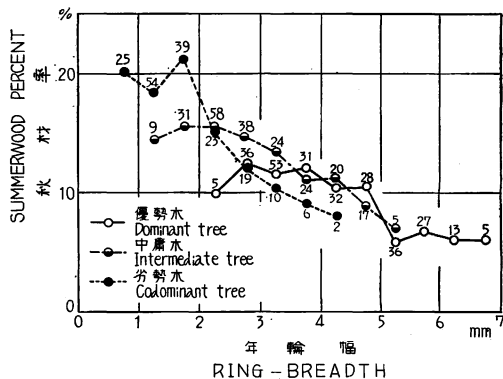


Fig. 9 各供試木における年輪幅と秋材率の関係
Relations between ring-breadth and summerwood
percentage in every sample tree

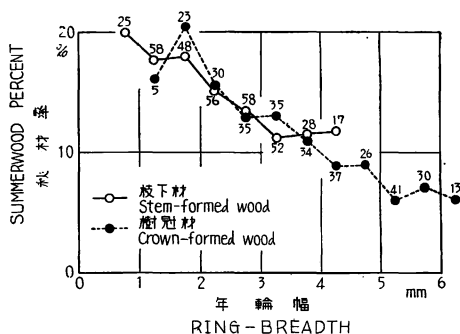


Fig. 10 枝下材と樹冠材の年輪幅と秋材率の関係
Relations between ring-breadth and
summerwood percentage in stem-
and crown-formed wood

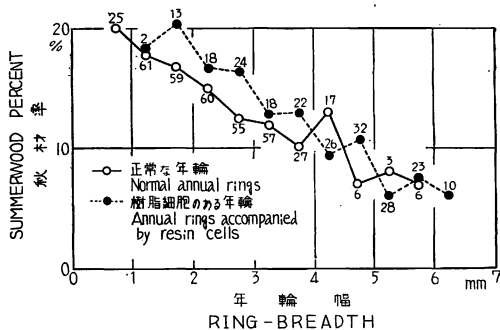


Fig. 11 年輪の性状べつ々の年輪幅と秋材率の関係
Relations between ring-breadth and summer-
wood percentage classified by the
characteristics of annual rings

3.3. 容積密度数の特徴

3.3.1. 幹のなかの分布

供試円板の各方位の齢階べつに木取つた供試片についてもとめた容積密度数 (R) の測定値のうち同一の地上高で同一の齢階に属する 4 方位のものを平均して一定の容積密度数の階級ごとに区別して幹のなかの容積密度数の分布図をつくり、この分布図に (3.1.1.) でもとめた供試木の幹のなかで枝が枯れ上がる軌跡をかきいれて Fig. 12 にしめた (図中の () 内の数字は観察した節枝数をしめす)。この図につい

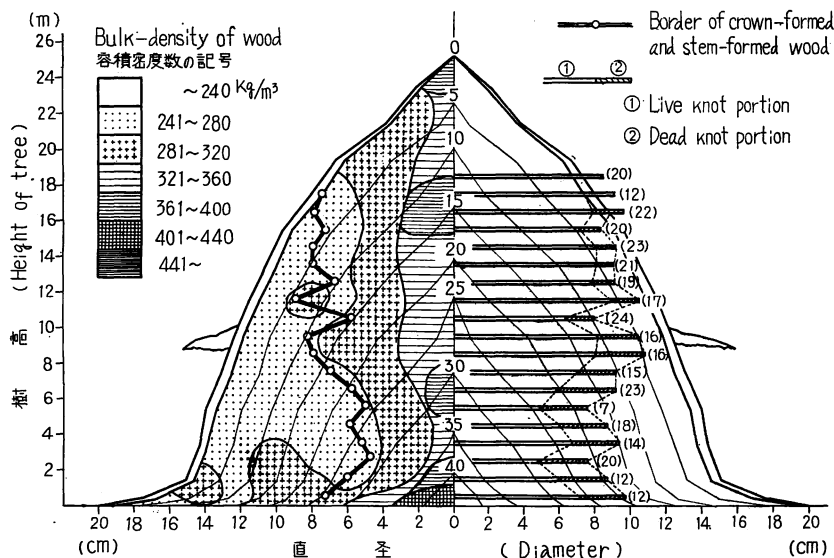


Fig. 12—(1) 幹のなかの容積密度数の分布 (優勢木 No. 595)

Distribution of bulk density in the stem of sample dominant tree (No. 595)

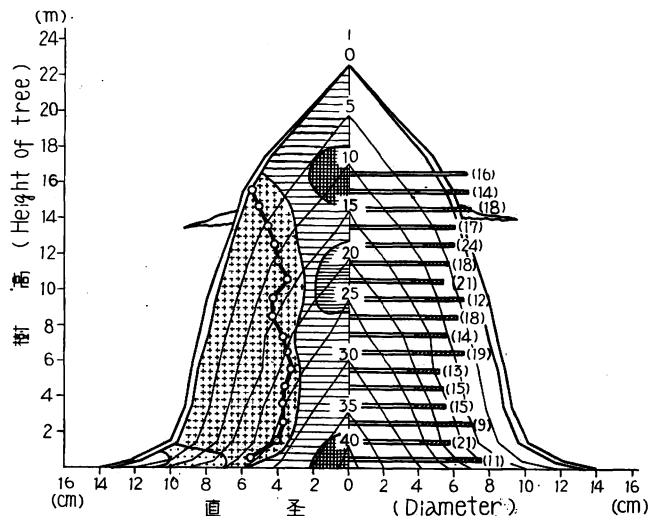


Fig. 12—(2) 幹のなかの容積密度数の分布 (中庸木 No. 611)

Distribution of bulk density in the stem of sample intermediate tree (No. 611)

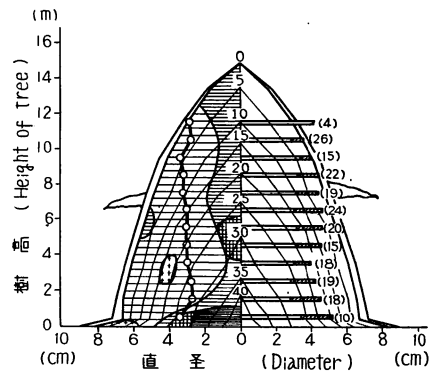


Fig. 12—(3) 幹のなかの容積密度数の分布 (劣勢木 No. 815)

Distribution of bulk density in the stem of sample codominant tree (No. 815)

て概観すれば、幹のなかの容積密度数の分布はこの枝の枯れ上がる軌跡をさかいにしてあきらかに限界的な分布をしめしているのがみとめられる。この枝の枯れ上がる軌跡と容積密度数の分布の限界域とは、劣勢木 No. 815 についてしめた例 (Fig. 12—(3)) ではこの両者の関係位置にやや差異があらわれているが、優勢木、中庸木についてはきわめて近接している。また、この枝の枯れ上がる軌跡によつて区分した枝下材と樹冠材の材部について容積密度数の分布の様相をみると、枝下材では各供試木とも胸高ちかくまでの根張りの発達しているところを除いてはその容積密度数の分布はきわめて均一であり、優勢木 No. 595 では $R=241\sim 280\text{ kg/m}^3$ 、中庸木 No. 611 では $R=281\sim 320\text{ kg/m}^3$ 、劣勢木 No. 815 では $R=321\sim 360\text{ kg/m}^3$ の容積密度数をしめす材部がそれぞれの供試木の枝下材に広がっている。これにたいして樹冠材では、各供試木ともその枝下材にくらべて容積密度数のやや大きい材部がきわめて不規則に堆積している。

3.3.2. 容積密度数のあらわれかた

容積密度数の測定値を供試木ごとに集計して、その頻度分布を Fig. 13 にしめた。これから優勢木では $R\leq 280\text{ kg/m}^3$ 、劣勢木では $R\geq 320\text{ kg/m}^3$ 、中庸木はその中間の $R=280\sim 320\text{ kg/m}^3$ の範囲にそれぞれその頻度が最もたかくあらわれている。この容積密度数のあらわれかたは供試木べつの年輪幅のあらわれかた (Fig. 3 参照) ときわめて相似的であり、優勢木に頻度のたかい $R\leq 280\text{ kg/m}^3$ の範囲は約 3.0 mm より広い年輪幅に、劣勢木に頻度のたかい $R\geq 320\text{ kg/m}^3$ の範囲は約 2.0 mm よりせまい年輪幅に、中庸木に頻度のたかい $R=280\sim 320\text{ kg/m}^3$ の範囲は約 $2.0\sim 3.0\text{ mm}$ の年輪幅に対応しており、成長の優勢な供試木ほどその容積密度数は小さくなり、この容積密度数の小さい範囲は広い年輪幅にあたっていることをしめしている。

また、各供試木べつに容積密度数のモード、算術平均値、標準偏差をもとめると

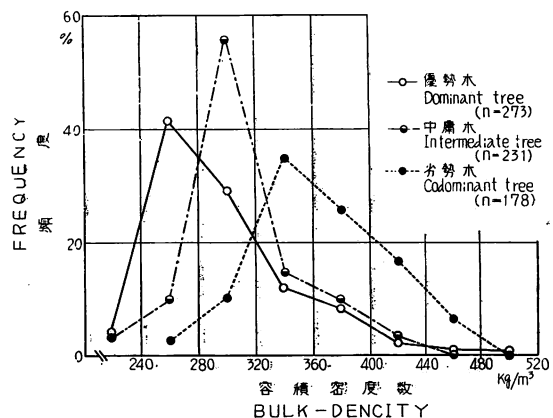


Fig. 13 各供試木における容積密度数の頻度分布
Frequencies on bulk density in every sample tree

Table 9. 各供試木における容積密度数のモード・算術平均・標準偏差

供試木 Sample trees	モ ー ド Mode kg/m^3	算 術 平 均 Arithmetic mean kg/m^3	標 準 偏 差 Standard deviation kg/m^3	測 定 数 Number of measurment
優 勢 木 Dominant tree	270	306	57	273
中 庸 木 Intermediate tree	310	317	52	231
劣 勢 木 Codominant tree	330	359	53	178
合 計 Total	290	321	59	682

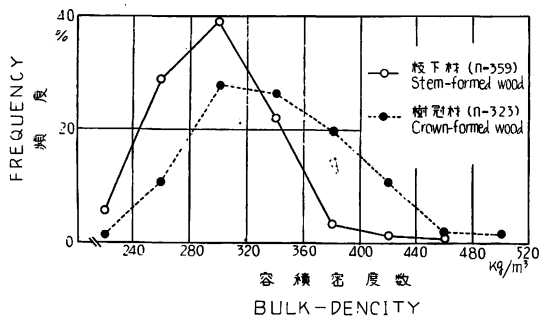
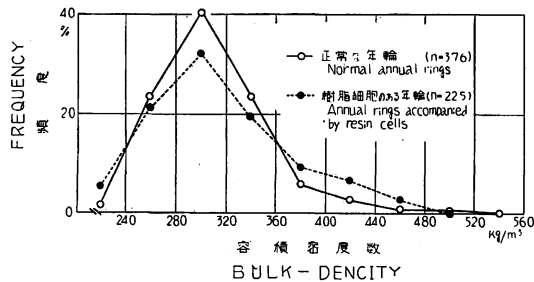
Fig. 14 枝下材と樹冠材の容積密度数の頻度
Frequencies on bulk density in stem- and crown-formed woodFig. 15 年輪の性状べつ容積密度数の頻度
Frequencies on bulk density of wood classified by the characteristics of annual rings

Table 9 にしめすように、容積密度数の算術平均値は優勢木 306 kg/m^3 、中庸木 317 kg/m^3 、劣勢木 359 kg/m^3 、各供試木を平均して 321 kg/m^3 で、その標準偏差は $52 \sim 57 \text{ kg/m}^3$ であった。

このような容積密度数の測定値を幹の枝下材と樹冠材の材部に区分してその頻度分布をくらべると、Fig. 14 にしめすように $R \approx 320 \sim 340 \text{ kg/m}^3$ をさかいにして枝下材にはこれより小さい容積密度数の頻度がたかく、樹冠材の材部にはこれより大きい容積密度数の頻度がたかくなっている。この傾向を枝下材と樹冠材の年輪幅のあらわれかた (Fig. 4) とくらべると、樹冠材に頻度のたかくなる $R \geq 320 \sim 340 \text{ kg/m}^3$ の範囲は約 3.5 mm より広い年輪幅に対応していることになり、したがってこの範囲の容積密度数は劣勢木に頻出する約 2.0 mm よりせまい年輪幅と幹の樹冠材にあらわれてくる約 3.5 mm より広い年輪幅の2つ

の領域に対応していることになる。

また、この枝下材と樹冠材の材部べつに容積密度数のモード、算術平均値、標準偏差をもとめて Table 10 にしめたが、容積密度数の算術平均値は枝下材 $273 \sim 340 \text{ kg/m}^3$ 、樹冠材 $326 \sim 383 \text{ kg/m}^3$ で樹冠材の容積密度数は枝下材にくらべて $12 \sim 19 \%$ 大きく、また、その標準偏差は枝下材 $28 \sim 35 \text{ kg/m}^3$ 、樹冠材 $57 \sim 61 \text{ kg/m}^3$ で樹冠材における標準偏差は枝下材の $1.7 \sim 2.2$ 倍になっている。

さらに、容積密度数の測定値を正常年輪と樹脂細胞のある年輪のものとに区分し、その頻度分布をく

Table 10. 枝下材と樹冠材における容積密度数のモード・算術平均値・標準偏差
Statistical values of bulk density in every stem- and crown-formed wood

幹の部位 Parts of stem	優 勢 木 Dominant tree				中 庸 木 Intermediate tree				劣 勢 木 Codominant tree				合 計 Total			
	Mo	M	σ	N	Mo	M	σ	N	Mo	M	σ	N	Mo	M	σ	N
枝 下 材 Stem-formed wood	260	273	28	135	300	291	28	126	340	340	35	98	290	302	42	359
樹 冠 材 Crown-formed wood	300	326	61	138	306	348	57	105	340	383	61	80	350	365	63	324
樹冠材/枝下材 Ratio of stem- and crown-formed wood		1.19	2.17			1.19	2.03			1.12	1.74			1.20	1.50	

(注) Mo: モード, M: 算術平均, σ : 標準偏差, N: 測定数。

(Note) Mo: Mode, M: Arithmetic mean, σ : Standard deviation, N: Number of measurment.

Table 11. 年輪の性状べつの容積密度数のモード・算術平均値・標準偏差
Statistical values of bulk density in characteristics of annual rings

年輪の性状 Characteristics of annual rings	モ ー ド Mode kg/m^3	算 術 平 均 Arithmetic mean kg/m^3	標 準 偏 差 Standard deviation kg/m^3	測 定 値 Number of measurment
正 常 な 年 輪 Normal annual rings	290	309	48	376
樹脂細胞のある年輪 Annual rings accompa- nied by resin cells	290	318	61	225
ア テ の 年 輪 Annual rings in compression wood	370	385	55	81

らべてみると, Fig. 15 にしめすように樹脂細胞のある年輪は正常な年輪にくらべて $R \leq 240 kg/m^3$ と $R \geq 360 kg/m^3$ の範囲にその頻度がややたく, これにたいして正常な年輪は $R = 240 \sim 360 kg/m^3$ の範囲でこの頻度がややたかくなっている。しかし, この年輪の性状べつの容積密度数の頻度分布のちがいはかなり小さく, これらの年輪の性状べつにいちじるしい差異をしめした年輪幅のあらわれかた (Fig. 5 参照) との対応はあきらかでない。この年輪の性状べつに容積密度数のモード, 算術平均値, 標準偏差は Table 11 にしめすように, 容積密度数のモードおよび算術平均値はこの正常な年輪と樹脂細胞のある年輪とではきわめて近似しているが, その標準偏差は樹脂細胞のある年輪が正常な年輪にくらべてかなり大きく, そのバラツキが大きいことをしめした。

3.4. 年輪構成と容積密度数の関係

3.4.1. 年輪幅と容積密度数の関係

各供試木についてもとめた容積密度数の測定値とその供試片にふくまれている5年輪ごとの平均年輪幅との関係をもとめると, Fig. 16 にしめすように約 3.5 mm の年輪幅をさかいにしてこれよりせまい年輪幅では年輪幅の増大にたいして容積密度数がほぼ直線的に低減する反比例的な関係がみとめられ, これより広い年輪幅では年輪幅の増大にたいして容積密度数も増大する比例的な関係があらわれており, 年輪幅にたいする容積密度数の関係は約 3.5 mm の年輪幅をさかいにして全くことなつた関係をしめした。この年輪幅の変化にたいして容積密度数がその増減の傾向をことにする約 3.5 mm の限界の年輪幅は Fig. 4

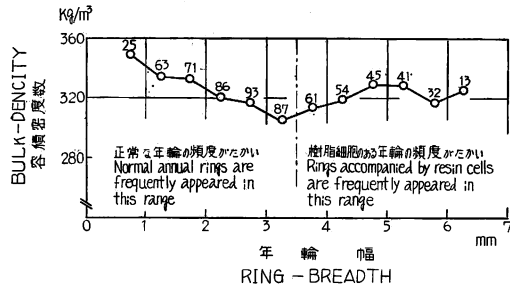


Fig. 16 年輪幅と容積密度数の関係
Relation between ring-breadth and bulk density of wood

この両者の分散がしめす相関関係が問題になってくる。

年輪幅と容積密度数の関係についてその相関係数をもとめると Table 12 にしめすように供試木の層別にはいずれも (+) の相関をしめし、その相関係数は 0.17~0.35 できわめて小さい。しかし、この関係を枝下材と樹冠材の材部べつにもとめるとその相関はいずれも (-) になり、枝下材においては相関係数 -0.635 をしめし、その相関はかなりたかくなっている。また、年輪の性状べつに正常な年輪と樹脂細胞のある年輪についても (-) の相関をしめすが、その相関係数は正常な年輪で -0.320、樹脂細胞のある年輪では -0.266 でいずれもかなり小さい。この幹の部位と年輪の性状べつの区分のうちで枝下材における正常な年輪についてもとめた相関係数は -0.648 をしめし、これらの系列のうちで最もたかい相関をしめた。したがって年輪幅と容積密度数の関係は枝下材の材部についてはある程度の相関がみとめられる

Table 12. 年輪幅と容積密度数の相関関係
Correlation coefficient between ring-breadth and bulk density

成長の程度	幹の部位	年輪の性状	相関係数 γ	測定数
Dominant tree	Parts of stem	Characteristics of annual rings	Correlation coefficient (γ)	Number of measurment
優勢木			+0.172	273
中庸木			+0.352	231
劣勢木			+0.174	178
全供試木	枝下材		-0.635	372
	樹冠材		-0.263	284
	枝下材と樹冠材	正常な年輪	-0.320	374
		樹脂細胞のある年輪	-0.266	282
	枝下材	正常な年輪	-0.648	300
		樹脂細胞のある年輪	-0.476	72
	樹冠材	正常な年輪	-0.262	74
		樹脂細胞のある年輪	-0.319	210

が、樹冠材についてはこの両者にほとんど相関はみとめられない。

これらの相関はその有意性がきわめてたかいたことが検定されたので、相関係数がかなり小さいものについても年輪幅とその一定範囲についてもとめられた容積密度数の平均値との関係をくらべた。まず、最も低い相関をしめした供試木の階層づつに年輪幅と容積密度数の平均値の関係をしめすと Fig. 17 にしめすように、各階層とも年輪幅にたいして容積密度数がほぼ比例的に増減する傾向があらわれており、同一の年輪幅の範囲について平均した容積密度数の値は成長の劣勢なものほど大きな値をしめしている。

この年輪幅と容積密度数の関係を各供試木を合計して幹の枝下材と樹冠材の材部づつにくらべると Fig. 18 にしめすように、いずれの材部においても年輪幅の増大にたいして容積密度数が反比例的に低減する傾向があきらかにあらわれており、同一の年輪幅における容積密度数の平均値は樹冠材の材部のものが枝下材にくらべてかなり大きな値をしめた。また、枝下材においては年輪幅の増大にたいして容積密度数は全く直線的に低減しているが、年輪幅が約 3.5 mm より広くなると容積密度数はほぼ一定の範囲 ($R=260\sim 280\text{kg}/\text{m}^3$) に変化している。これにたいして樹冠材の材部においては年輪幅の増大にたいして容積密度数はほぼ直線的に低減しているが、年輪幅の増大にたいする容積密度数の低減の勾配は枝下材にくらべてやや小さいようである。

また、年輪幅と容積密度数の関係を正常な年輪と樹脂細胞のある年輪とにわけてくらべると Fig. 19 にしめすように、年輪幅が約 3.5 mm よりせまい範囲では年輪幅の増大にたいして容積密度数はほぼ直線的に低減しており、この範囲では同一の年輪幅にたいする容積密度数の平均値は樹脂細胞のある年輪が正常な年輪にくらべてかなり

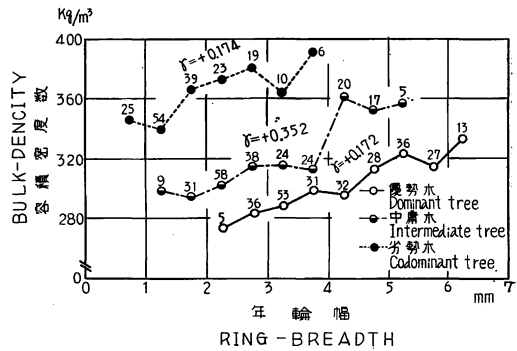


Fig. 17 各供試木における年輪幅と容積密度数の関係

Comparison of the relations between ring-breadth and bulk density of wood at every sample tree

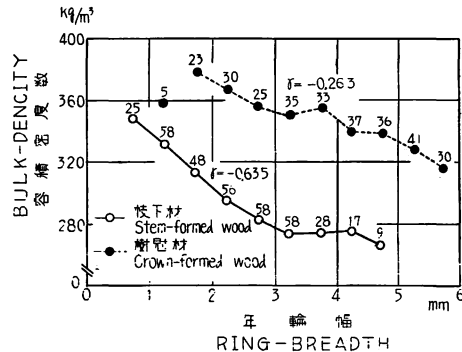


Fig. 18 枝下材と樹冠材における年輪幅と容積密度数の関係

Comparison of the relations between ring-breadth and bulk density of wood at stem- and crown-formed wood

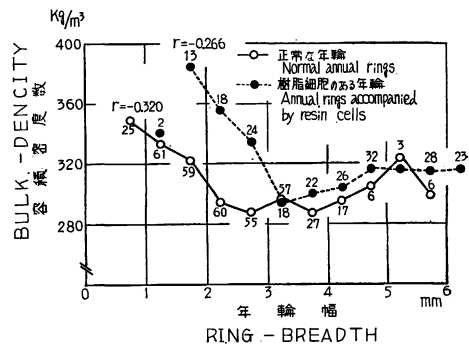


Fig. 19 年輪の性状づつにみた年輪幅と容積密度数の関係

Comparison of the relations between ring-breadth and bulk density of wood classified by the characteristics of annual rings

大きな値をしめしている。これにたいして、年輪幅が約 3.5 mm より広い範囲では年輪幅の増大にたいして容積密度数も漸増しており、同一の年輪幅における年輪の性状べつに平均した容積密度数の値はきわめて近接している。

3.4.2. 秋材率と容積密度数の関係

秋材率の一定範囲のものがしめす容積密度数の平均値の関係を追求するにあたって、まず、各供試木の平均秋材率と容積密度数との相関をもとめると Table 13 にしめすように供試木の層別にはその相関係数は +0.148~0.122 できわめて小さく、供試木によつて (+) または (-) の符号をとっている。この関係を枝下材と樹冠材の材部べつにもとめると枝下材では +0.555、樹冠材 +0.292 でいずれも (+) の符号をとり、枝下材ではその相関はややたかくなる。また、これを年輪の性状べつにみると正常な年輪については +0.388、樹脂細胞のある年輪では +0.182 でその相関はいずれもかなり小さいが、正常な年輪が樹脂細胞のある年輪にくらべてやや相関がたかい。さらに幹の部位と年輪の性状との関係を組み合わせた系列のなかで、枝下材における正常な年輪では +0.539、枝下材における樹脂細胞のある年輪では +0.573、樹冠材における正常な年輪では +0.361、樹冠材における樹脂細胞のある年輪では +0.287 で年輪の性状べつにかかわらず枝下材のものが樹冠材よりかなりたかい相関をしめた。

このような関係から秋材率と容積密度数とのあいだにはかなり軽度であるがその相関が否定できないので、秋材率とその一定範囲についてもとめた容積密度数の平均値との関係をくらべた。この関係を供試木べつにみると、Fig. 20 にしめすように秋材率が 10 % より小さい範囲では秋材率の低減にたいして容積密度数が急増しており、秋材率が 10 % より大きい範囲では秋材率の増加にたいして容積密度数が漸増する傾向がみとめられ、秋材率と容積密度数との関係が約 10 % の秋材率をさかいにして異なつた傾向をし

Table 13. 秋材率と容積密度数の相関関係
Correlation coefficient between summerwood percentage and bulk density

成長の程度	幹の部位 Parts of stem	年輪の性状 Characteristics of annual rings	相関係数 Correlation coefficient (γ)	測定数 Number of measurement
優勢木 Dominant tree			+0.148	273
中庸木 Intermediate tree			-0.122	231
劣勢木 Codominant tree			+0.074	178
全供試木 All sample trees	枝下材 Stem-formed wood		+0.555	372
	樹冠材 Crown-formed wood		+0.292	284
	枝下材と樹冠材 Stem- and crown- formed wood	正常な年輪 Normal annual rings	+0.388	374
		樹脂細胞のある年輪 Annual rings accom- panied by resin cells	+0.182	282
	枝下材 Stem-formed wood	正常な年輪 Normal annual rings	+0.539	300
		樹脂細胞のある年輪 Annual rings accom- panied by resin cells	+0.573	72
	樹冠材 Crown-formed wood	正常な年輪 Normal annual rings	+0.361	74
		樹脂細胞のある年輪 Annual rings accom- panied by resin cells	+0.287	210

めしている。この秋材率の限界は Fig. 7 と Fig. 8 にしめたように約 10 % より小さい秋材率の範囲には樹冠材における樹脂細胞のある年輪がおおく、これより大きい秋材率の範囲には枝下材における正常な年輪の出現がおおい範囲にあつてゐる。また、同一の秋材率の範囲で平均した容積密度数は成長の劣勢な供試木ほど大きな値をしめし、成長のことなる供試木のあいだでいちじるしい差異があらわれている。この差異は秋材率が 5 % より小さい範囲で最も大きく、秋材率が大きくなるとしだいに小さくなり、10 % より大きい秋材率の範囲では劣勢木をのぞいて同一の秋材率における容積密度数の平均値はきわめて近接している。

このような秋材率と容積密度数との関係を各供試木を合計して幹の枝下材と樹冠材の材部べつにくらべてみると Fig. 21 にしめすように、各材部とも秋材率の増加にたいして容積密度数がほぼ比例的に増大する傾向がみとめられ、秋材率の増加にたいして容積密度数が低減する経過 (Fig. 20 において秋材率が 10 % より小さい範囲にあらわれている) は枝下材においては全くみとめられない。樹冠材においてはこの秋材率と容積密度数との関係は枝下材にくらべてやや不規則で、部分的には秋材率の増加にたいして容積密度数が低減する経過もみられるが、出現した秋材率のすべての範囲にわたつては秋材率の増加にたいして容積密度数がほぼ比例的に増大する傾向があきらかである。また、同一の秋材率の範囲における容積密度数の平均値は樹冠材の材部のものが枝下材にくらべてかなり大きな値をしめし、この両材部のあいだの容積密度数の差異は秋材率が小さいものほど大きくなつてゐる。

さらに、秋材率と容積密度数の関係を正常な年輪と樹脂細胞のある年輪とにわけてくらべてみると Fig. 22 にしめすように、アテの年輪をのぞいて正常な年輪と樹脂細胞のある年輪とは同一の

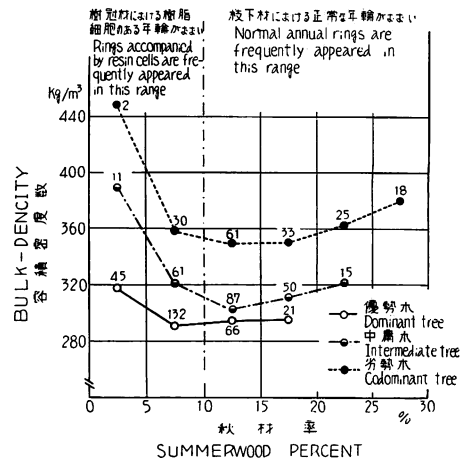


Fig. 20 各供試木における秋材率と容積密度数の関係
Comparison of the relations between summerwood percentage and bulk density of wood in every sample tree

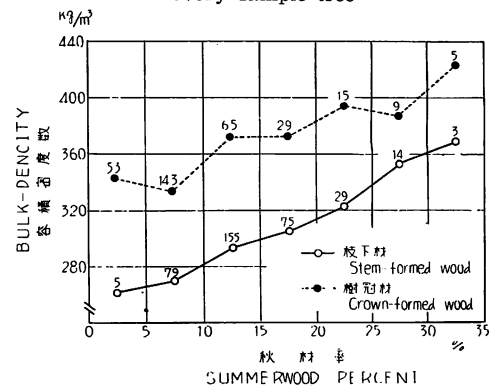


Fig. 21 枝下材と樹冠における秋材率と容積密度数の関係
Comparison of the relations between summerwood percentage and bulk density of wood in stem- and crown-formed wood

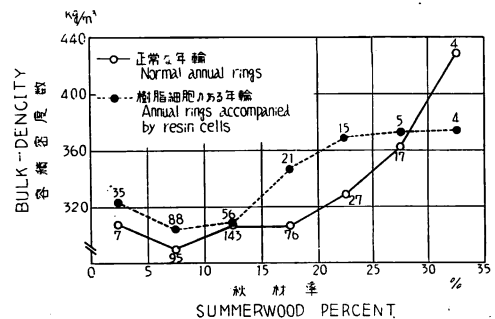


Fig. 22 年輪の性状べつにみた秋材率と容積密度数との関係
Comparison of the relations between summerwood percentage and bulk density of wood classified by the characteristics of annual rings

秋材率の範囲における容積密度数の平均値はかなり近接しており、5 %以下の秋材率の範囲をのぞいて秋材率と容積密度数とのあいだにいずれも比例的な関係がみとめられ、正常な年輪においては秋材率が20%より大きい範囲で容積密度数の増加はいちじるしく、樹脂細胞のある年輪ではこの範囲における容積密度数の増加は緩慢である。

4. 考 察

4.1. 枝下材と樹冠材

この研究では枝の枯れ上がる軌跡をさかいにして幹を枝下材と樹冠材の材部に区分したが、通常、立木はその生理的な条件から未(成)熟材(juvenile wood)の core をもつものとされており、これを構成する材部は成熟材(mature wood)にくらべて一般に低比重で、節その他の欠点の出現量がおおく、そのために用材としての価値がきわめて低い。また、繊維長も短く、セルローズ含量も低いのでパルプ材等の化学原料としても劣等な品質のものとされている¹⁵⁾。

この未熟材の材部がここで取り扱った樹冠材の材部と一致するかどうかは、これらの材部についての解剖学的な特性についての検討をまたなければならないが、前述したようなこれらの材部における年輪構成の特徴、年輪の性状べつ々の出現の特性、容積密度数のあきらかな差異などから、おそらく枝下材は成熟材に、樹冠材はいわゆる未熟材にほぼ相当するものと想像される。

幹のなかにしめる枝下材と樹冠材の量は林木の取り扱いかた、たとえば植栽密度、間伐、枝打ちなどの経過によつて影響されるものであるから、これらの材部がしめす材質的な特性をあきらかにするとともに、これらの材部が幹のなかにしめる量的な割合をすることが必要になつてくる。しかもこの量的な比率は樹齢によつて変化するから、材の利用上の観点にたつて間伐の価値や輪伐期のもつ経済的な意味などを検討することも必要になつてくる。

本報における観察や前報⁷⁾の結果から、ほとんど無手入れに近い樹齢 51 年生のスギ人工林において、その樹冠材は幹のなかにほぼ円筒形に広がっており、その平均半径は約 45 mm、平均年輪数は 10~15 年であつた。この樹冠材の core の半径や年輪数は樹齢に無関係に一定する(林木の遺伝的な性質と保育形式などによつて変化するものとする)とみなされるが、幹材積にしめる量的な比率は Fig. 2 にしめたように樹齢によつていちじるしく変化するものであり、本報においてはこの枝下材と樹冠材の成長の経過を保育形式をこにした産地べつスギ材について比較するための資料としてもとめた。

4.2. 容積密度数の大きさと幹のなかの分布

本報で調査した釜淵産スギ材の容積密度数の算術平均は優勢木 306 kg/m³、中庸木 317 kg/m³、劣勢木 359 kg/m³、平均 321 kg/m³ であり、スギ材の容積密度数についての既往の研究結果^{2) 3) 9) 13)}とくらべてみるとかなり小さく、このうち、平井が調査した茨城県大子産スギ($R=322$ kg/m³)に最も近い。

また、幹のなかの容積密度数の分布は枝下材と樹冠材の材部できわめて特徴的に変化しており、枝下材においては優勢木では 241~280 kg/m³、中庸木では 281~320 kg/m³、劣勢木では 321~360 kg/m³ の容積密度数の材部がほぼ均等に広がっているのにたいして、樹冠材ではその容積密度数がそれぞれの枝下材にくらべて、約 20 %ぐらい大きい材部が不規則に堆積していた。スギ材の幹のなかの容積密度数の分布について既往の研究結果^{2) 3) 9) 13)}からはほぼ一般的であるとみなされていることは、(1)樹心部に重い材が形成される、(2)地ぎわの樹心部にとくに重い材が形成される、(3)根張りのある材部には軽い材が形成されるな

どであり、このような傾向はこの研究においても例外ではなかつた。

4.3. 年輪構成と容積密度数との関係

人工植栽スギ材の年輪幅と秋材率と容積密度数との関係についてはすでに 2, 3 の研究があるが、このうち平井²⁾³⁾ は茨城県大子産スギおよび千葉県清澄産スギについて年輪幅と容積密度数との相関関係が供試木によつて (+) または (-) の符号をとり、これらのあいだに簡単な一次的な比例関係がないことを

Table 14. 年輪構成と容積密度数の相関関係
Correlation coefficient between ring-breadth, summerwood percentage and bulk density of wood investigated by several researchers

産 地 Locality	供試木本数 Number of sample tree	幹の部位 Parts of stem	年輪の性状 Characteristics of annual rings	観 察 数 Number of measurement	相 関 係 数 Correlation coefficient		研究者 Researcher
					年輪幅と容積 密度数 Between ring- breadth and bulk density	秋材率と容積 密度数 Between summer- wood percentage and bulk density	
茨城県大子 Daigo, Ibara- gi Pref.	4	全 樹 幹 All parts of stem		1563	+0.08~-0.25		平 井 HIRAI
千葉県清澄 Kiyozumi, Chiba Pref.	7	"		1630	+0.40~-0.15		"
愛知県岡崎 Okazaki, Aichi Pref.	6	辺 材 Sap wood		346	-0.404		矢沢・深沢 YAZAWA and FUKAZAWA
"	6	心 材 Heart wood		461	-0.450		"
"	6	全 樹 幹 All parts of stem		887	-0.098		"
鳥取県智頭 Chizu, To- ttori Pref.	2	全 樹 幹 All parts of stem	正常な年輪 Normal ann- ual rings	220	-0.38	+0.61	酒田・佐伯 SAKATA and SAEKI
"	4	"	"	209	+0.39	-0.27	"
山形県釜淵 Kamabuchi, Yamagata Pref.	3	全 樹 幹 All parts of stem		682	+0.172~+0.352	+0.148~-0.122	本 報 This report
"	3	枝 下 材 Stem-for- med wood		372	-0.635	+0.555	"
"	3	樹 冠 材 Crown-for- med wood		284	-0.263	+0.292	"
"	3	枝 下 材 Stem-for- med wood	正常な年輪 Normal annual rings	300	-0.648	+0.539	"
"	3	"	樹脂細胞の ある年輪 Annual rings accompanied by resin cells	72	-0.476	+0.573	"
"	3	樹 冠 材 Crown-fo- rmed wood	正常な年輪 Normal annual rings	74	-0.262	+0.361	"
"	3	"	樹脂細胞の ある年輪 Annual rings accompanied by resin cells	210	-0.319	+0.287	"

報告した。矢沢・深沢¹³⁾¹⁴⁾らは中部地方スギ材について年輪幅と容積密度数との相関関係をその辺心材の材部べつにもとめ、これらの材部べつにはいずれも（－）の相関関係があるが、これらを合計した全供試材片についてはその相関はほとんどみとめられないことを報告し、年輪幅と容積密度数とのあいだにはたんに秋材率の影響のみでなく偽年輪の出現やその他の因子がいちじるしい影響をあたえているものとかがえた。また、酒田・佐伯⁹⁾は鳥取県智頭産スギについて年輪幅、秋材率、容積密度数のあいだの相関関係をもとめ、これらの相関はいずれの場合もかなり軽度であるが、年輪幅と容積密度数、秋材率と容積密度数とのあいだには相反する 2 つの傾向のあることをあきらかにした。また、川名・川口⁸⁾は施肥をした植栽スギの成長のよい年輪には樹脂細胞をとまなうおおくの着色層があらわれていることをみとめ、このような年輪はかなり広い年輪幅にもかかわらず、その比重や硬度がかなりたかいことを報告している。

これらの既往の文献から、スギ材についてもとめられている年輪構成と容積密度数との相関係数を本報の結果と比較してみると Table 14 にしめすように、供試木を幹の部位あるいは年輪の性状べつに区分したもので年輪幅と容積密度数のあいだにつねに（－）の相関が存在していることはあきらかであり、既往の分類にくらべて枝下材の材部がしめした相関が最もたかくなっている。

また、秋材率と容積密度数との関係は比較できる資料がきわめてすくないが、本報の結果からみて、幹の部位あるいは年輪の性状べつに区分したものでいずれも（＋）の相関が存在しており、枝下材の材部におけるものが樹冠材にくらべてその相関がかなりたかい。

5. 摘 要

スギ材についてその材質の特徴と材質分類の方法を検討するために山形県釜淵地方の樹齢 51 年生のスギ造林地から 3 本の供試木をえらび、幹を枝下材と樹冠材の材部に区分し、材の年輪構成の特徴、容積密度数の大きさと幹のなかの分布の特徴、年輪構成と容積密度数との関係などをもとめた。

これらの特徴はさらにその保育形式をこととした産地べつの林分からえられた試料について、さらに十分な検討をへなければスギ材について一般的なものとなしえないが、この研究からえられた事項はおおむね次のとおりである。

枝下材と樹冠材

(1) 幹を枝下材と樹冠材の材部に区分したが、伐倒時において枝下材の大きさは全樹幹の 65.9 %、樹冠材は 34.1 % の材積をしめ、この比率は成長の程度をこととした供試木のあいだでも大差はない。

(2) 枝下材は樹齢 20 年ごろから形成され、その大きさは伐倒時の樹齢まではほぼ直線的に増加している。

(3) 枝下材をさらに無節材と死節材にわけると、いずれも樹齢 20 年ごろからその形成がはじまっているが、その材積の比率は前者では樹齢と一次的に比例し、後者は樹齢 20～30 年にその最大値があらわれている。

(4) 枝下材を構成する材部には正常な年輪の頻度がたかく (82.2 %)、樹冠材には樹脂細胞のある年輪の頻度がたかい (66.9%)。

年輪構成の特徴

(5) 年輪幅の算術平均値は優勢木 4.4 mm、中庸木 3.0 mm、劣勢木 1.9 mm、平均 3.3 mm であり、秋材率の算術平均値は優勢木 10 %、中庸木 14 %、劣勢木 18 %、平均 13 % であつた。

(6) 枝下材においては年輪幅が約 3.5 mm よりせまいものの頻度がたかく、樹冠材においては年輪幅が約 3.5 mm より広いものの頻度がたかい。年輪幅の算術平均値は供試木を平均して枝下材の材部で 2.6 mm 、樹冠材の材部で 4.0 mm である。

(7) 枝下材においては秋材率が約 10% より大きいものの頻度がたかく、樹冠材では秋材率が約 10% より小さいものの頻度がたかい。秋材率の算術平均値は供試木を平均して枝下材の材部で 17% 、樹冠材 11% であった。

(8) 正常な年輪は年輪幅が約 3.5 mm よりせまく、秋材率が約 10% より大きいものがおおく、樹脂細胞のある年輪は約 3.5 mm より広い年輪幅で秋材率が約 10% より小さいもののおおい。この年輪幅と秋材率の特性的分布は枝下材と樹冠材の特性的な分布と全く一致している。

(9) 年輪幅と秋材率にはほぼ反比例的な関係がみとめられ、供試木の階層や幹の部位べつによるちがいはあきらかでないが、樹脂細胞のある年輪は正常な年輪にくらべて同一の年輪幅においてもその秋材率はややたかいようにおもわれる。

容積密度数の特徴

(10) 容積密度数の算術平均値は優勢木 306 kg/m^3 、中庸木 317 kg/m^3 、劣勢木 359 kg/m^3 、平均 321 kg/m^3 であった。

(11) 枝下材における容積密度数は $320\sim 340\text{ kg/m}^3$ より小さいものの頻度がたかく、樹冠材ではこれより大きいものの頻度がたかい。容積密度数の算術平均値は供試木を平均して枝下材で 302 kg/m^3 、樹冠材で 365 kg/m^3 である。

(12) 正常な年輪と樹脂細胞のある年輪で構成されている材部についてもとめた容積密度数の頻度分布にはあきらかな差異はみとめられない。これらの材部の容積密度数の算術平均値は前者では 309 kg/m^3 、後者では 318 kg/m^3 である。

(13) 幹のなかの容積密度数の分布は枝下材の材部では胸高ちかくまでの根張りの発達しているところを除いてその分布はきわめて均一であり、樹冠材では枝下材にくらべて容積密度数がやや大きい材部が不規則に形成されている。

年輪構成と容積密度数の関係

(14) 年輪幅と容積密度数の相関係数は単木については $+0.172\sim +0.352$ 、秋材率と容積密度数との相関係数は $+0.148\sim -0.122$ であるが、各供試木を合計した枝下材の材部については年輪幅と容積密度数の相関は -0.635 、秋材率と容積密度数の相関は $+0.555$ で単木におけるよりいずれもかなりたかい相関係数をしめた。

(15) 供試木を合計して幹の部位べつ、年輪の性状べつにもとめた年輪幅と容積密度数のあいだにはつねに(−)の相関が存在し、秋材率と容積密度数のあいだには(+)の相関があり、年輪幅と容積密度数の相関係数は枝下材における正常な年輪の区分で最もたかく(−0.648)あらわれた。

(16) 年輪幅と容積密度数の平均値は単木ごとにほぼ比例的な関係をしめし、同一の年輪幅においても成長の劣勢な供試木ほどその容積密度数は大きい。

(17) 枝下材、樹冠材の材部べつには年輪幅と容積密度数の平均値は反比例的な関係をしめすが、同一の年輪幅における容積密度数は樹冠材が枝下材にくらべてかなり大きい。

(18) 正常な年輪と樹脂細胞のある年輪についてもとめた年輪幅と容積密度数の平均値の関係は約 3.5

mm よりせまい年輪幅では反比例的な関係をしめし、この範囲では同一の年輪幅においても樹脂細胞のある年輪の容積密度数が正常な年輪にくらべてかなり大きい、約 3.5 mm より広い年輪幅の範囲では年輪幅の増大にたいして容積密度数の平均値は漸減し、年輪の性状べつちのちがいはきわめて小さい。

(19) 秋材率と容積密度数の平均値との関係を単木についてみると約 10 % より小さい秋材率の範囲では反比例的な関係があり、約 10 % より大きい秋材率の範囲では秋材率の増加にたいして容積密度数の平均値は漸増するかあるいはほとんど変わらない。同一の秋材率における容積密度数の平均値は成長の劣勢なものほど大きい。

(20) 秋材率と容積密度数の平均値との関係を枝下材と樹冠材の材部べつちにみるといずれも比例的な関係をしめすが、同一の秋材率における容積密度数は樹冠材のものが枝下材より大きい。

(21) 秋材率と容積密度数との関係を年輪の性状べつちにみると秋材率が約 10 % より小さい範囲で反比例的な関係があらわれ、秋材率が約 10 % より大きい範囲では比例的な関係があらわれている。同一の秋材率における容積密度数の平均値は樹脂細胞のある年輪のものが正常な年輪のものより概して大きい。

文 献

- 1) CHALK, L.: Variation of density of Douglas-fir. Forestry, 26, (1953) p. 33~36
- 2) 平井信二: 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, 39, (1951) p. 219~234
- 3) 同 上: 同 上 (第 4 報) 千葉県演習林産スギ, 同上, 45, (1953) p. 203~220
- 4) 加納 孟: 木材材質の森林生物学的研究 (第 5 報) 北海道厚田産トドマツ材の年輪幅と秋材率, 林試研報, 61, (1953) p. 1~40
- 5) 同 上: 同 上 (第 14 報) トドマツ材の容積密度数の大きさと幹のなかの分布, 林試研報, 101, (1957) p. 1~99
- 6) 同 上: 釜淵産スギ材の年輪幅と秋材率と容積密度数, 北大演習林報告, 20, 1, (1959) p. 139~151
- 7) 加納 孟・枝松信之・蕪木自輔: 製材原木としてのスギ造林木の品質 (第 1 報) 釜淵産材の節, 林試研報, 112, (1959) p. 49~113
- 8) 川名 明・川口正夫: 九十九里海岸における低湿地林の状況 (第 3 報) 生長のよいスギ植栽木にみられる着色生長帯, 日林誌, 39, 9, (1957) p. 323
- 9) 酒田金治・佐伯 浩: 智頭スギの材質 (第 1 報) 容積密度数, 年輪幅および秋材率, 木材誌, 4, 6, (1958) p. 231~236
- 10) PAUL, B. H.: Juvenil wood in conifers. F. P. L. Report, 2094, (1957)
- 11) VOLKERT, E.: Untersuchungen über Grösse und Verteilung des Raumgewichts in Nadelholzstämmen. Schriftenreihe d. Hermann-Göring-Akademie d. Deutsch Forstwiss. 2, (1941)
- 12) WANDT, R.: Die Eigenschaften "Stamm- und Kronenbürtigen" Holzes. Mittlg. Forstwirtschaft. u. Forstwiss., 8, (1937) p. 353~369
- 13) 矢沢亀吉・深沢和三: 中部地方における人工植栽スギ材の生長状況と理学的性質との関係 (第 3 報) 容積密度数, 生材比重及び絶乾比重について, 岐阜大学農学部研究報告, 8, (1957) p. 75~83
- 14) 矢沢亀吉・深沢和三・梅村節夫: 同 上 (第 4 報) 年輪幅及び秋材率について, 日林誌, 3, 2, (1957) p. 91~95
- 15) ZOBEL, B.・McELWEE, R.: Natural variation in wood specific gravity of Loblolly pine, and analysis of contributing factors. TAPPI, 41, 4, (1958) p. 158~161

On the Wood Quality of Sugi (Report 1)
Sugi (*Cryptomeria japonica* D. DON) grown at Kamabuchi district

Takeshi KANO

(Résumé)

In the present paper, we describe the result of the observations made on the visual characteristics such as the width of annual rings, percentage of summerwood, the variation of bulk density, and its distribution in the stem of Sugi (*Cryptomeria* sp.) grown at Kamabuchi district, Yamagata Prefecture.

For this study, three sample *Cryptomeria* trees were selected at a timber stand 51 years of age, each representing the groups of dominant, intermediate, and codominant trees, and the information about each sample tree is given in Table 2.

Our particular interest was centered on the characteristic variation of wood quality at the stem- and crown-formed wood that is classified by the boundary line where branches had died within the stems.

The result of this study is as follows:

Stem- and crown-formed wood

(1) The stems of the sample trees are classified into two parts according to the boundary line determined by the occurrence of the complete longitudinal sections of branch knots. The outside part against this boundary line was considered as the part of the stem having clear length under the growing period of the trees, whilst the inside part was that of the stem with tree crown. The volumetric percentage of the stem-formed wood is 65.9% and that of crown-formed wood 34.1% to the stem volume of sample trees. These values are almost constant among the sample trees. (Table 3)

(2) The stem-formed wood began to be produced at about 20 years of age, and increased proportionally to the ages of sample trees. (Fig. 2)

(3) Classified into the stem parts with clear wood free from knots, and to parts with only dead knot portion, both of these parts began to be produced at about 20 years of age, the former increasing proportionally to tree ages but the latter appearing to be at its maximum value when about 20~30 years of age. (Fig. 2)

(4) The normal annual rings are very frequent on the stem-formed wood (the value of frequencies on normal annual rings is 82.2 %), but the rings accompanied by resin cells are frequent on the crown-formed wood. (the value of frequencies on rings accompanied by resin cells is 66.9 %) (Table 4)

Characteristics of annual rings

(5) The arithmetic mean values of ring-breadth and percentage of summerwood are respectively 4.4 mm and 10 % on the dominant, 3.0 mm and 14 % on the intermediate, 1.9 mm and 18 % on the codominant, and averaged 3.3 mm and 13 % on all sample trees. (Table 5, Table 7)

(6) As compared with the values of frequencies on the ring-breadth and percentage of summerwood between stem- and crown-formed wood, the high values appear on the stem-formed wood in cases in which the ring-breadth is less than 3.5 mm and the percentage of summerwood is more than 10 %; such high values appear on the crown-formed wood in cases in which the ring-breadth is more than 3.5 mm and the percentage of summerwood is less than 10 %. (Fig. 4, Fig. 7)

(7) The arithmetic mean values of ring-breadth and the percentage of summerwood are respectively 2.6 mm and 17 % on stem-formed wood but they are 4.0 mm and 11 % on crown-formed wood. (Table 6, Table 8)

(8) The frequency curves of ring-breadth and percentage of summerwood between normal annual rings and rings accompanied by resin cells are almost equal to those between stem- and crown-formed wood. The high values of these frequencies also appear in normal annual rings in cases in which the ring-breadth is less than 3.5 mm and the percentage of

summerwood is more than 10 %, and on the contrary such high values appear in rings accompanied by resin cells in cases in which the ring-breadth is more than 3.5 mm and the percentage of summerwood is less than 10 %. (Fig. 5, Fig. 8)

(9) The relation between ring-breadth and percentage of summerwood is generally in inverse proportion, and the differences among tree groups and parts of stem are extremely small, but the percentage values of summerwood in rings accompanied by resin cells are comparatively higher than those of normal annual rings at the same range of ring breadth. (Fig. 9, Fig. 10, Fig. 11)

Characteristic appearance of bulk density

(10) The arithmetic mean values of bulk density are 306 kg/m³ on the dominant, 317 kg/m³ on the intermediate, 359 kg/m³ on the codominant and 321 kg/m³ averaged on all sample trees. (Table 9)

(11) As compared with the frequency curves of bulk density between these two parts of stem, the high values appear on stem-formed wood where the bulk density ranges are $R \leq 320 \sim 360$ kg/m³ and on crown-formed wood where the bulk density ranges are $R \geq 320 \sim 360$ kg/m³. (Fig. 4) And the arithmetic mean values of bulk density are 302 kg/m³ on stem-formed wood and 365 kg/m³ on crown-formed wood. (Table 10)

(12) In the frequency curves of bulk density, there are no considerable differences between normal rings and rings accompanied by resin cells. (Fig. 15) And the arithmetic mean values of bulk density are respectively 309 kg/m³ in normal annual rings and 318 kg/m³ in rings accompanied by resin cells. (Table 11)

(13) As shown in Fig. 12, the distribution of bulk density in the stem of trees is extremely uniform in the stem-formed wood at the butt-swelling, but shows considerable variation in the crown-formed wood. (Fig. 12)

Relation between the construction of annual rings and bulk density of wood

(14) Grouping in every individual tree, there are no correlations of 1st degree between the ring-breadth, the percentage of summerwood and the bulk density of wood, that is to say, the correlation coefficient (γ) between the ring-breadth and bulk density is $+0.172 \sim +0.352$, and the coefficient (γ) between the percentage of summerwood and the bulk density is $+0.148 \sim -0.122$. But we see that there are obvious correlations between them when they are classified by the wood parts, i. e. the correlation coefficient (γ) between the ring-breadth and the bulk density is -0.635 in the stem-formed wood, and the coefficient (γ) between the percentage of summerwood and the bulk-density is $+0.555$. (Table 12)

(15) The correlation coefficient between the ring-breadth and the bulk density are always negative, and those between the percentage of summerwood and the bulk density are positive when the specimens are classified by the parts of stem or the characteristics of annual rings. In all combinations of these classification, the coefficient (γ) between the ring-breadth and the bulk density becomes the highest value (-0.648) in the normal annual rings of stem-formed wood. (Table 12)

(16) In every individual sample tree, the average bulk density is nearly proportional to the ring-breadth and the less increment the sample tree has, the higher the values of bulk density in the same value of ring-breadth. (Fig. 17)

(17) When the specimens are classified by the parts of stem, it can be plainly seen that the average values of bulk density are inversely proportional to those of the ring-breadth. In this case, the values of the bulk density in crown-formed wood are higher at the same ranges of ring-breadth than those in stem-formed wood. (Fig. 18)

(18) The relation between ring-breadth and bulk density when the specimens are classified by the characteristics of annual rings are shown in Fig. 19. In this figure, it will be noticed that the bulk density is in inverse proportion to the ring-breadth at the range of ring-breadth where it is less than 3.5 mm, and the values of bulk density on the rings accompanied by the resin cells are higher at the same range of ring-breadth than those on normal annual rings; but in the range where it is more than 3.5 mm, the bulk density is proportional to the ring-breadth, and the differences between these characteristics of annual rings are negligibly small. (Fig. 19)

(19) The average values of bulk density are in inverse proportion to those of the per-

centage of summerwood at the region where it is less than about 10 %, but where it is more than about 10 %, the average bulk density increases slightly with further increase in summerwood percentage. (Fig. 20)

(20) When the specimens are classified by the wood parts, the bulk density is in proportion to percentage of summerwood, but the average values of bulk density in every range of summerwood percentage are higher in stem-formed wood than those in crown-formed wood. (Fig. 21)

(21) The relation between ring-breadth and bulk density when the specimens are classified by the characteristics of annual rings are shown in Fig. 22. In this figure, the average bulk density is in inverse proportion to summerwood percentage in the range where it is less than 10 %, but where it is more than 10 %, the average bulk density is proportional to summerwood percentage. These average values of bulk density in every range of summerwood percentage are generally higher in the rings accompanied by resin cells than those in normal annual rings. (Fig. 22)

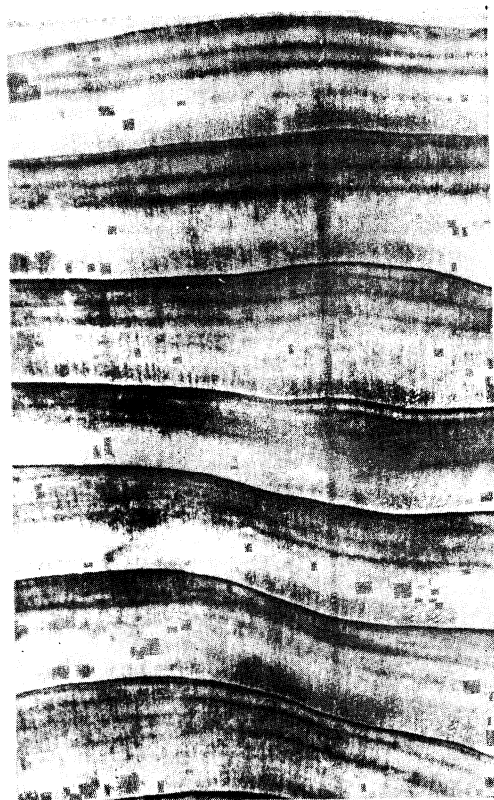


Photo. 1 樹脂細胞のある年輪（肉眼的な観察）
Visual feature of annual rings accompanied
by resin cells

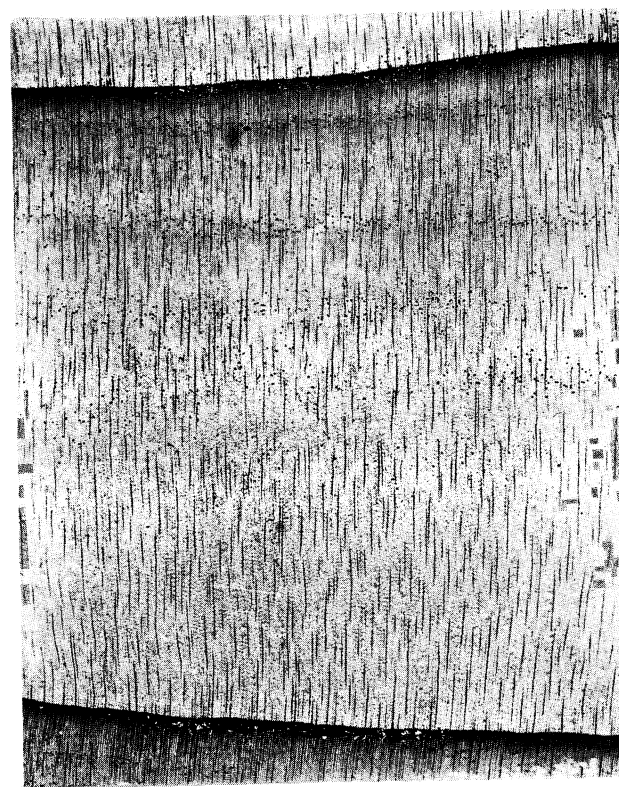


Photo. 2 樹脂細胞のある年輪（顕微鏡的な観察）
Microscopic feature of annual rings
accompanied by resin cells