

木材材質の森林生物学的研究 (第9報)

北海道厚田産トドマツ材の 年輪の構造について

加 納 孟⁽¹⁾

目 次

まえがき	15
I 試料と観察の方法	16
II 細胞の生長する数	16
III 春秋材の細胞と秋材率	17
IV 細胞のかたち	19
(i) 細胞膜の厚さ	19
(ii) 細胞膜の実質率	19
(iii) 仮導管の長さ	21
要 約	24
参考文献	26
Résumé	27

ま え が き

木材の比重は年輪巾と秋材率からきめられるが、一般にその秋材率は年輪巾がおなじでも複雑に変化しているので、年輪巾だけでその比重とか材質とかをしめすことはむづかしいとされている。

トドマツ材の年輪巾と秋材率を観察したこれまでの報告で、同一の年輪巾でも立地とか個体でことなつていてと考えられているこの秋材率も、その年輪によつてかなり制限されてあらわれていることがあきらかになつた。このようなことは実用上大きな意味をもつものと考えられるので、その傾向をしるために年輪の構造上の要素をとりあげて、それがどのような変化をしながら年輪に堆積しているかを観察し、これまでの資料から考えられていた年輪巾のもつ材質的な意味をさらにその細胞構造のうえからたしかめておこうとした。

この実験にあたつて、顕微鏡切片の製作、その測定などは助手の中川仲策君を煩わしたもので、附記してその労を謝するとともに、たえず御援助をたまわつた林業試験場北海道支場長柳下鋼造氏、林業試験場木材部長斎藤美鷲氏に深く謝意を表する。

(1) 木材部材料科材質研究室長

I 試料と観察の方法

この観察にもちいた材料は、北海道厚田産のトドマツで、この地方にもうけた試験地から伐倒した供試木のうち、生長のよい上層木と生長のわるい下層木から代表的なものをえらんでその 0.0 m の地上高の円板から採取したものである。その供試木の樹齢、樹高、胸高径などは Table 1 のようである。

Table 1. 供試木の樹齢、樹高、胸高径など

供試木 No.	樹 齢 年	樹 高 m	胸高径 cm	生立した 斜 面		備 考
16	86	6.4	8	北斜面	下層木	{ 代表的な被圧木であり、ほとんど全面に「アテ」を発達している 樹心部の被圧を除くほか生長よく全く健全
38	75	21.2	48	"	上層木	
40	106	15.5	33	南斜面	"	生長よく健全
45	72	8.4	11	"	下層木	全面に被圧され部分的に「アテ」をつくる
67	43	5.8	10	"	"	著しい偏心生長をし「アテ」をつくっている

供試木の地上高 0.0 m の円板の N—S 方位に樹皮の側から 5 年おきに年輪をマークして、その年輪がふくまれるような適當の大きさのブロックを木取り、検鏡のための切片をつくつて観察し、また、供試木のうち、No. 38 と No. 45 については 5 年おきの年輪を春秋材べつに解離して仮導管長の変化をしらべた。

II 細胞の生長する数

このような切片でその年輪の巾と半径方向に生長している細胞の数を、一年輪について 10 数回くりかえしてかぞえ、その平均値をプロットしてみると Fig. 1 のようになった。

この Fig. で下層木の例としてえらんだ No. 16, 45, 67 などの供試木についてもとめられた年輪巾と細胞の生長数とは原点をとる直線であたえられ、細胞の生長数が分散する範囲も比較的せまい。これにたいして、上層木の例としてえらんだ No. 38, 40 の供試木でもとめられた細胞生長数の分散域はその下

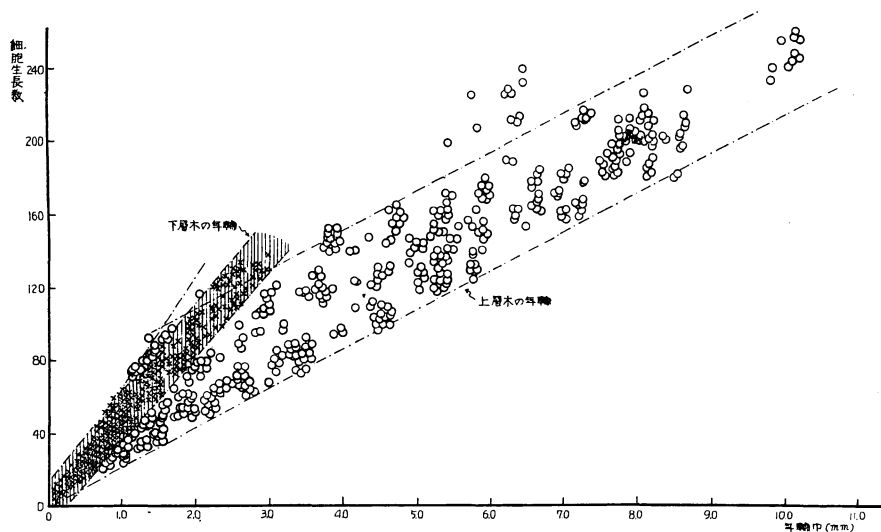


Fig. 1 年輪巾と細胞の生長する数

限が原点をとる直線であたえられ、その上限は年輪巾が 2.0 mm 以上ではややひろい分散域をもった平行線でしめされ、2.0 mm 以下では下層木の上限にはば一致している。

したがって、年輪巾が 2.0 mm 以上ではその細胞生長数は一定の分散域をもち、年輪巾に比例的な関係がみられ、2.0 mm 以下になるとその分散域もまた年輪巾に比例して漸減することになる。

ところで、下層木では年輪巾と細胞の生長数とがつねに（年輪巾が 3.0 mm ぐらいのものまでがあらわれている）一定の分散域をもつて比例しており、その幅も比較的せまいことから、そのような年輪では（上層木でも 2.0 mm 以下の被圧された年輪では同様）年輪をつくっている細胞の大きさ（この場合は半径方向の径）がかなり小さく、したがっておなじ年輪巾に堆積している数は多く、しかもそれが変動する程度もひくいのでむしろ均質なものとみなされる。

また、細胞の生長する数とその年輪の樹齢でわけておなじ年齢階について年輪巾の一定領域ごとに平均して等樹齢線をつくってみると、Fig. 2 のようになる。これから年輪巾 2.0 mm 以下では樹齢がますますおなじ年輪巾に堆積する細胞の数が減少し、Fig. 1 にしめたような分散域がつくられることになる。

このような樹齢による細胞の大きさの変化は Sanio の第 1 法則として知られていることであり、細胞の生長数の分散のしかたはその年輪のつくられたときの樹齢によつてきめられるようである。

また、野幌産トドマツ材で細胞の生長数 (x) と年輪巾 (y) に $x=28.2y$ の実験式をもとめた* が、この式が樹心部の年輪に適合しなかつたこともこのような経過によることがあきらかになった。

Ⅲ 春秋材の細胞と秋材率

約 300 コの切片の合計 15,000 ぐらいの細胞のかたち〔切線と半径方向の径(t), (r), Lumen の半径方向の径 (L), 膜の厚さ (M) など〕をはか

つて、それが年輪のなかで春材から秋材にいたる推移のしかたをしらべ、A. Wiksten 氏等** による春秋材細胞の決定法を検討した。

その結果、この方法を多少修正して、つぎのようにして春秋材のさかいをきめることにした。すなわ

* 木材材質の森林生物学的研究 第3報

** A. Wiksten: Metodik vid mätning av årsringens varved och höstved.

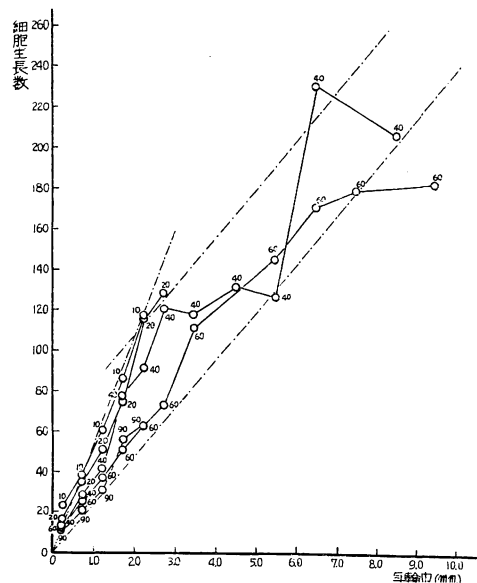


Fig. 2 年輪巾と細胞の生長数の樹齢による変化

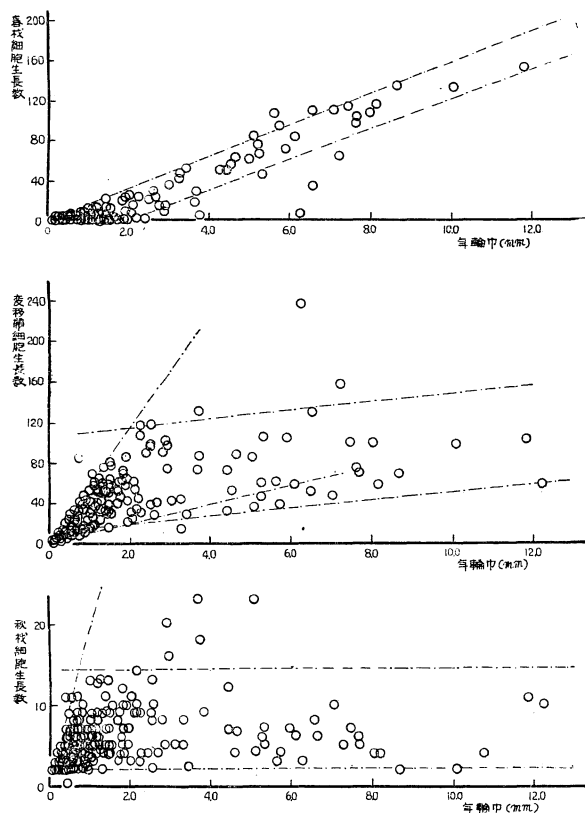


Fig. 3 年輪巾と秋材変移帯, 春材の細胞生長数

Table 2. 年輪巾と秋材率の関係

年輪巾の範囲 mm	年輪巾の範囲に平均した			3コ宛移動平均した		
	年輪巾 mm	測定数	秋材率 %	年輪巾 mm	秋材率 %	平均数
~0.125	0.09	10	39.8	0.1	(39.8)	(10)
~0.250	0.20	17	22.6	0.2	26.6	54
~0.375	0.32	27	17.4	0.3	18.2	68
~0.500	0.46	24	14.8	0.5	15.3	80
~0.625	0.57	29	13.9	0.6	13.2	85
~0.750	0.69	32	11.1	0.7	11.3	83
~0.875	0.82	22	8.9	0.8	9.3	65
~1.000	0.92	11	7.9	0.9	7.9	50
~1.125	1.06	17	7.1	1.1	7.4	37
~1.250	1.20	9	7.4	1.2	7.0	41
~1.500	1.37	15	6.6	1.4	6.3	32
~1.750	1.62	8	5.0	1.6	5.6	35
~2.000	1.88	12	5.2	1.9	6.0	25
~2.250	2.12	5	7.8	2.1	5.1	21
~2.500	2.33	4	2.5	2.4	5.1	23
~3.500	2.87	14	5.0	3.1	4.6	23
~4.500	4.00	5	6.3	4.0	4.6	26
~5.500	5.03	7	2.6	5.0	3.6	17
~6.500	5.92	5	2.1	6.0	2.1	17
~7.500	7.00	5	1.8	6.9	1.6	14
~8.500	7.85	4	1.0	8.5	1.2	13
8.501~	10.67	4	1.0	10.7	(1.0)	(14)

* 木材材質の森林生物学的研究 第5報

Fig. 3 のようになる。

この Fig. では年輪巾 2.0 mm 以下のものは、それが上層木と下層木とにかかわらずいずれも被圧された状態にあつたものとして、これをわけなかつたが、2.0 mm 以上では春材細胞の数は年輪巾に比例しその分散域も一定しているが、2.0 mm 以下ではそこに生長する数がほぼ一定しているかまたはこれを欠くものがおおい。

変移帯の細胞数は 2.0 mm 以上の年輪巾ではこれに比例し、その分散域もほぼ一定しているが、2.0 mm 以下ではその分散域は年輪巾に比例して Fig. 1 にみられる細胞の生長数の分散のしかたに類似している。

秋材の細胞数は年輪巾が約 0.8 mm 以下ではその分散域が年輪巾に比例しており、それ以上の年輪巾ではこれとほとんど関係なく一定の分散域がみとめられる。

秋材細胞の半径方向の径の和を秋材の巾としてそれが年輪の巾のなかにしめる比率を Table 2 にしめしたが、その移動平均から年輪巾とこの秋材率との関係は双曲系統のものとみなされる。この結果をこれまでにもとめた年輪巾と秋材率* (秋材の色相のちがいでもとめたもの)にくらべて Fig. 4 にしめしたが、年輪巾が 2.0 mm 以上では両者はほとんど平行しその差は秋材率の 10% ちか

くなっている。

したがって秋材の着色帯をコンプレーターではかつて(倍率 $\times 20$ ぐらい)もとめた秋材率は、ここできめた秋材細胞のほかに変移帯のうちの多くの部分をふくんでいることになり、これをふくむ量が2.0 mm以上の年輪巾ではほぼ一定しているが、2.0 mm以下では年輪巾に比例してしだいに減少している。

これは変移帯に属する細胞はそのほとんどが $L/M \geq 2.0$ の範囲にあり、したがって秋材の着色が年輪をつくっている細胞膜質の実質量の比率できまってくるものとする、この部分は秋材にちかい濃い色相をしめすことになり、Macroな方法では秋材にふくまれてはかられたことになるからである。Fig. 4

の結果をこのようにして理解しようとするれば、変移帯のしめる量的な割合が2.0 mm以上の年輪巾ではほぼ一定し、2.0 mm以下では年輪巾に比例して減少していることになる。

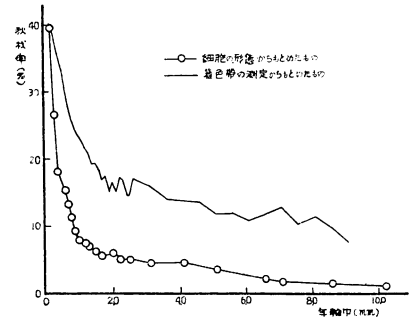


Fig. 4 年輪巾と秋材率
(細胞のかたちからもとめたものと秋材の着色帯の測定からもとめたものとの比較)

Ⅳ 細胞のかたち

(i) 細胞膜の厚さ

年輪をつくっている細胞の半径方向の膜の厚さをつぎつぎにはかつて秋材と変移帯と春材の細胞ごとにその平均値をもとめ、樹齢と年輪巾についての変化をしらべた。このような変化は通常木と被圧木の例で傾向的なちがいがみとめられなかつたので、それらを集計して Fig. 5, 6 にしめた。

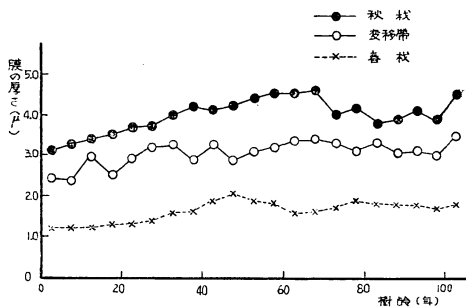


Fig. 5 樹齢と細胞膜の厚さ

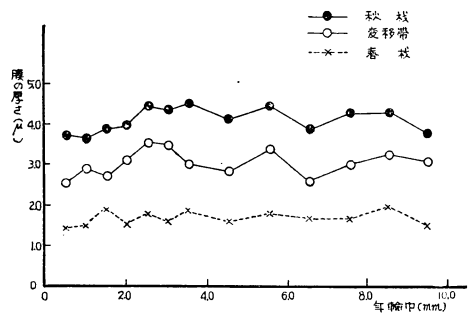


Fig. 6 年輪巾と細胞膜の厚さ

これから、膜の厚さが樹齢とともに増しているのは秋材 65 年、春材 45 年、変移帯細胞では 30 年ぐらいまでで、その後は樹齢によつて一律の変化がみられない。

また、膜の厚さがその属する年輪の巾に比例して増減しているのは、秋材と変移帯細胞では 2.5 mm ぐらいまで、春材ではそれよりひくく 1.5 mm ぐらいでそれ以上の年輪巾ではこの状態は不規則になっている。

(ii) 細胞膜の実質率

年輪の半径方向にはかつた細胞の径、膜の厚さ、Lumen の内径などから、その方向に堆積している膜の実質量をもとめ、それが年輪のなかでしめる比率を膜質率として、これを秋材と春材、変移帯細胞およびそれらの集合でつくられている年輪についてもとめた。

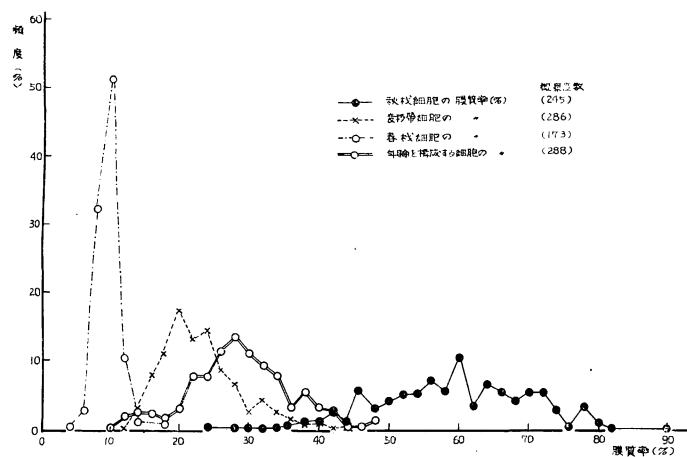


Fig. 7 膜質率の分散

任意の半径方向の細胞の配列では、その切線方向には細胞の諸元がかなり一定しているから、この半径方向の膜質率を年輪の膜質率とみなして Fig. 7 にその度数分布をしめしたが、膜質率の分散は秋材で 24~82%, 変移帯で 12~46%, 春材では 4~18%, それらの集合した年輪では 10~48% でそのモードは秋材

60%, 変移帯 20%, 春材 10%, 年輪としては 28% ぐらいにあらわれている。

ところで、このような年輪の膜質率を年輪巾と秋材率の一定の領域にわけて Table 3 にしめしたが、秋材率 10% 以上のものは年輪巾が 1.5 mm より小さい範囲にだけあらわれており、すでに Fig. 4 にしめたようにこの範囲では年輪巾と秋材率は反比例的な傾向をしめしている。

このような年輪巾と秋材率の条件のもとでも、その膜質率は 1.5 mm 以下の範囲でかなり複雑に変化しているが、それ以上の領域では 2.0~2.5 mm に最大値があらわれ、その両側の年輪巾の増減の方向にたいして膜質率はつねに漸減しており、Fig. 8 にしめすようにその関係は年輪巾と秋材率との関係* に類似している。

Table 3. 年輪巾と秋材率による細胞膜の実質率の変化

年輪巾の領域	平均年輪巾	秋材率(%)の範囲								平均秋材率 %	測定数
		~10	11~20	21~30	31~40	41~50	51~60	61~70	平均		
~0.125	0.1			33.6	30.5		24.8	25.2	30.7	39.8	9
~0.250	0.2		33.7	33.4	35.8	35.4			33.8	26.6	16
~0.375	0.3	28.2	31.3	31.6	34.9	35.7			31.7	18.2	17
~0.500	0.5	32.2	30.5	29.6	—	—			30.3	15.3	24
~0.625	0.6	27.6	29.6	34.2	20.7	22.5			29.1	13.2	29
~0.750	0.7	27.6	29.4	35.6	28.6				29.2	11.3	33
~0.875	0.8	31.1	30.2						30.7	9.3	22
~1.000	0.9	33.4	26.6						30.5	7.9	12
~1.125	1.1	25.2	26.3						25.3	7.4	16
~1.250	1.2	28.9	29.2						29.0	7.0	9
~1.500	1.4	23.7	32.6						24.8	6.3	16
~1.750	1.6	27.6							27.6	5.6	8
~2.000	1.9	27.0							27.0	6.0	11
~2.250	2.1	29.6							28.2	5.1	5
~2.500	2.4	30.0							30.0	5.1	4
~3.500	3.1	23.5							24.0	4.6	14
~4.500	4.0	19.9							21.7	4.6	5
~5.500	5.0	17.3							17.3	3.6	7
~6.500	6.0	16.3							16.3	2.1	5
~7.500	6.9	15.9							15.9	1.6	5
~8.500	8.5	12.7							12.7	1.2	4
8.501~	10.7	12.5							12.5	1.0	4
計		24.5	29.9	33.0	30.1	31.2	24.8	25.2	25.3	9.2	275

* 木材材質の森林生物学的研究 第5報 6頁

年輪巾と容積密度数との関係は年輪にしめる秋材率の特性分布によるものと考えられるが、秋材率のたかい範囲 (Macro な測定では 20% ぐらいから) は年輪巾の小さい領域 (1.5 mm 以下) にのみあらわれており、年輪巾 1.5 mm 以上の領域では秋材率の範囲がかなり一定しているの、年輪巾の増大にたいしてその実質量比は漸減していることになる。

(iii) 仮導管の長さ

上層木と下層木の例として No. 38 と No. 45 の供試木でその年輪を秋材と春材のべつに解離して仮導管の長さをはかった。その測定値と Probable error は Table 4~5 にしめた。

上層木の例ではその年輪巾の一定範囲にあらわれてくる仮導管長の度数分布は Fig. 9~10 のように春秋材とも 2.0~5.0 mm の年輪巾にあらわれてくるものがその Max. な限界をあたえており、2.0 mm 以下では年輪巾がますます仮導管長のながい方にかたむいていく (この Fig. では年輪巾 1.0~2.0 mm に測定値がすくなく、そのうちに樹心部の年輪がふくまれて双峯型をしめたが)。

また、下層木の例でその春秋材の仮導管長の度数分布は Fig. 11, 12 にしめすように、その分散域の Max. な限界は年輪巾の範囲 (およそ 1.0 mm 以下のもの) によつてほとんど変らないが、その Min. な限界は年輪巾によつてかなりことなつており、春秋材ともに年輪巾が 0.40 mm 以下の範囲にみられる分散域がいずれも仮導管長の大きい方にかたむいている。

年輪巾と仮導管長のモード出現域をみると Fig. 13 のように、上層木では年輪巾が 2.0~5.0 mm でそのモード域が最もたかく、その両側の年輪巾の範囲ではいずれも漸減していることになる。

また、春秋材べつにそのモード域をくらべると上層木の例では年輪巾 1.0~2.0 mm のあいだで両者はほとんど一致しているが、そのほかの範囲ではつねに秋材のものが春材よりたかくあらわれている。これにたいして、下層木の例では年輪巾 0.60~0.80 mm のあいだで両者が近接しているが、そのほかの範囲ではつねに春材のものが秋材よりたかくあらわれ、上層木と下層木とで全く反対の傾向をしめた。

ところで、この状態を仮導管長の平均値として樹齢べつにみると、上層木の例では Fig. 14 のようにほとんど大部分の齢階で秋材の仮導管長が春材のそれより大きい、樹齢 30~40 年のあいだで春材の仮導管長が秋材のものより一度長くなつており、この樹齢は Fig. 15 の齢階べつの平均年輪巾の変化から

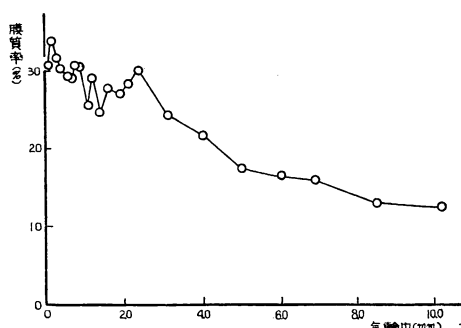


Fig. 8 年輪巾と膜質率の関係

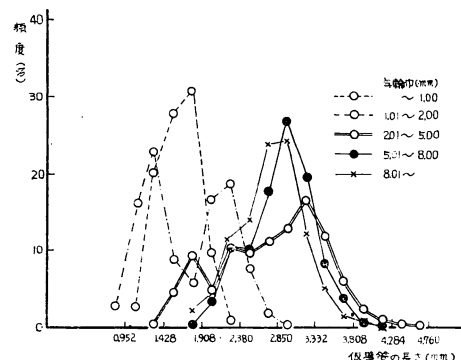


Fig. 9 秋材仮導管長の出現度数分布 (上層木の例)

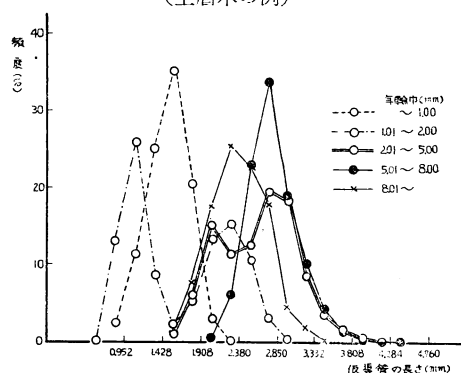


Fig. 10 春材仮導管長の出現度数分布 (上層木の例)

Table 4. 仮導管長の測定結果 供試木 No. 38 (代表的な上層木) の例

樹皮からの 令階	年輪巾	秋材率	春							秋							材						
	mm	%	Max.	Min.	Mod	A	σ	K	u	Max.	Min.	Mod	A	σ	K	u							
N—側																							
5	3.82	2.2	4.18	2.28	2.99	3.16	0.34	+0.54	500	4.80	2.85	3.42	3.49	0.35	+1.6	200							
10	8.81	0.8	3.37	1.99	2.66	2.61	0.32	-0.24	100	4.37	1.99	3.09	3.18	0.33	1.7	300							
15	6.81	1.2	4.71	1.90	2.38	2.74	0.44	0.40	200	4.66	2.42	3.33	3.27	0.32	0.4	500							
20	4.48	2.3	3.85	2.38	2.90	2.96	0.26	0.49	400	4.52	2.71	3.33	3.37	0.29	5.7	500							
25	5.62	1.5	3.37	1.95	2.47	2.48	0.27	0.40	400	4.76	2.38	2.95	3.08	0.25	1.1	700							
30	6.82	1.3	3.52	1.99	2.57	2.74	0.28	-0.30	300	3.76	1.99	2.85	2.82	0.30	0.5	400							
35	4.96	2.7	3.33	1.99	2.85	2.74	0.23	2.20	300	3.57	2.38	2.80	2.79	0.23	0.6	500							
40	2.98	2.7	2.85	1.47	2.14	2.11	0.25	0.30	300	3.09	1.66	2.33	2.35	0.21	0.3	400							
45	1.43	5.1	3.14	1.47	2.14	2.09	0.23	0.30	400	2.95	1.52	2.09	2.10	0.21	0.3	700							
50	3.24	4.5	3.14	1.61	2.04	2.06	0.23	0.20	300	2.42	1.28	1.80	1.79	0.18	0.4	500							
55	0.28	1.7	2.04	1.09	1.52	1.54	0.18	0.10	300	2.28	1.14	1.61	1.63	0.17	0.2	400							
60	0.50	5.3	2.28	1.33	1.80	1.73	0.17	1.00	200	2.38	1.28	1.61	1.69	0.19	0.8	200							
65	0.49	18.2	1.99	1.19	1.47	1.49	0.16	0.30	200	2.09	1.09	1.57	1.44	0.21	1.5	100							
70	0.57	10.5	1.66	0.80	1.09	1.11	0.17	1.2	100	2.14	1.04	1.33	1.37	0.16	0.8	400							
75	1.04	3.2	1.47	0.71	0.95	0.94	0.17	1.5	100	1.85	0.76	1.42	1.31	0.18	1.2	300							
S—側																							
5	2.16	5.4	3.56	1.99	2.61	2.67	0.26	+0.2	300	5.08	2.28	3.18	3.14	0.32	+0.3	700							
10	9.91	0.2	3.13	1.52	2.23	2.14	0.25	0.3	400	3.65	2.13	2.66	2.65	0.24	0.4	300							
15	11.90	1.6	2.94	1.47	1.99	2.05	0.26	3.0	300	2.70	1.71	2.23	2.19	0.25	-0.1	100							
20	7.99	1.2	3.37	1.99	2.52	2.63	0.28	0.4	300	3.95	2.37	3.08	3.05	0.25	0.3	500							
25	8.21	0.9	3.28	1.71	2.47	2.40	0.26	0.2	500	3.61	2.09	2.99	2.90	0.24	-0.1	300							
30	8.31	1.8	3.23	1.99	2.38	2.47	0.24	1.3	100	4.04	2.33	2.99	3.01	0.29	0.6	300							
35	10.02	2.4	3.47	1.99	2.61	2.68	0.25	0.5	400	3.42	2.14	2.76	2.80	0.23	0.2	300							
40	6.30	0.6	3.52	1.71	2.38	2.39	0.24	0.0	300	3.28	1.80	2.28	2.38	0.26	0.5	400							
45	1.48	5.6	3.04	1.80	2.42	2.39	0.21	0.1	500	2.95	1.80	2.28	2.30	0.24	0.1	300							
50	1.75	7.4																					
55	0.60	10.8	2.23	1.19	1.57	1.62	0.19	0.4	300	2.23	1.33	1.85	1.86	0.16	0.4	200							
60	0.39	8.9	2.28	1.19	1.66	1.64	0.19	0.2	400	2.23	1.23	1.85	1.77	0.19	-0.2	100							
65	0.34	4.6	2.14	1.09	1.61	1.56	0.19	0.2	300	2.23	1.19	1.66	1.69	0.19	0.2	300							
70	0.26	4.6	1.85	0.90	1.28	1.31	0.16	0.4	300	1.99	1.04	1.42	1.55	0.18	-0.7	200							
75	1.20	1.5	1.71	0.90	1.14	1.16	0.17	0.1	100	1.66	0.80	1.14	1.16	0.15	0.7	200							

秋材率は顕微鏡的な測定法によつてもとめたもの

Max. は最大値 (mm) Min. は最小値 (mm) A は平均値 (mm) Mod はモード (mm)

σ は標準偏差 K は歪 u は測定数

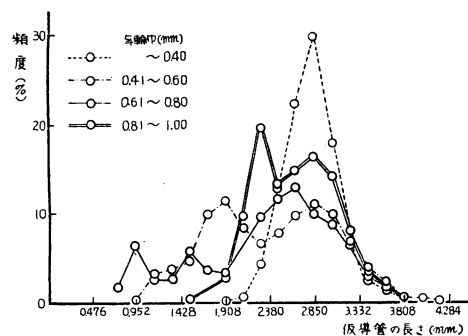


Fig. 11 秋材仮導管長の出現度数分布
(下層木の例)

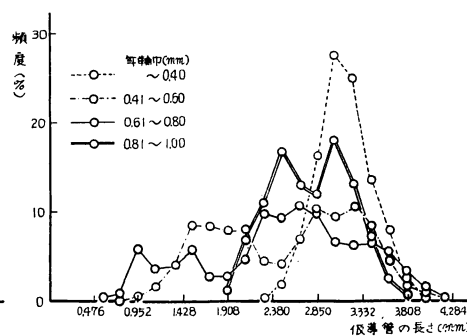


Fig. 12 春材仮導管長の出現度数分布
(下層木の例)

みられるように、この供試木の幼齢時の被圧状態 (年輪巾 2.0 mm 以下) が解除されて正常な肥大生長にうつるかわり目にあたっている。

これにたいして、下層木の例では Fig. 16 にしめすように樹齢 10~20 年の年輪をのぞいて春材の仮導管長が秋材のものより大きく、この 10~20 年の齡階においてのみ秋材仮導管長が春材より大きくなつ

Table 5. 仮導管長の測定結果 供試木 No. 45 (代表的な下層木) の例

樹皮からの 令 階	年輪巾 mm	秋材率 %	春 材						秋 材							
			Max.	Min.	Mod	A	σ	K	u	Max.	Min.	Mod	A	σ	K	u
	N—側															
5	0.57	25.2	4.33	2.28	3.18	3.17	8.0	+0.7	500	4.47	2.14	3.18	3.09	7.4	+0.9	600
10	0.78	20.2	4.76	2.42	3.47	3.49	6.6	+0.3	700	4.04	2.09	2.85	2.95	6.9	+0.4	500
15	0.53	9.1	4.28	2.61	3.33	3.41	6.6	+0.1	600	4.28	2.61	3.18	3.29	5.9	+0.4	500
20	0.47	28.3	4.33	2.71	3.33	3.37	6.0	-0.3	600	3.95	2.42	3.09	3.12	6.2	+0.2	300
25	0.73	10.0	4.33	2.85	3.57	3.55	6.0	+0.9	500	4.09	2.47	3.23	3.18	5.7	+0.3	400
30	1.05	7.5	3.76	2.66	3.09	3.14	5.1	+0.6	300	3.95	2.38	2.95	3.00	5.7	+0.7	500
35	0.69	12.0	3.76	2.14	2.90	2.93	6.0	+0.2	300	3.66	2.28	2.80	2.88	5.2	+0.2	400
40	1.22	13.3	3.23	1.95	2.52	2.46	5.3	+0.7	200	3.14	1.61	2.33	2.35	4.8	+0.2	200
45	0.62	7.6	3.38	1.95	2.66	2.62	5.0	+0.3	500	3.28	2.09	2.66	2.69	4.7	0.0	200
50	0.63	6.8	3.28	2.14	2.76	2.79	4.7	-0.4	400	3.28	2.05	2.52	2.54	4.7	+0.7	200
55																
60	0.58	16.2	2.90	1.47	2.04	2.04	4.7	+0.6	300	2.47	1.47	1.85	1.97	4.4	+0.3	200
65	0.49	16.0	2.09	0.90	1.48	1.46	4.2	-0.1	300	2.09	1.00	1.23	1.36	3.8	+0.7	200
70	0.66	5.0	1.42	0.52	1.95	1.03	3.3	-1.0	100	1.42	0.71	0.95	1.00	4.6	+0.1	100
S—側																
5	0.17	11.4	4.14	2.23	3.18	3.18	6.1	-0.2	600	3.90	1.90	2.90	2.80	6.3	+0.2	600
10	0.45	7.5	4.14	2.43	3.43	3.28	6.3	+0.2	500	4.14	2.14	2.95	2.89	6.2	+0.4	400
15	0.31	11.4	3.90	2.52	3.09	3.11	5.3	+0.6	300	3.95	2.28	2.95	2.90	5.7	+0.5	500
20	0.31	16.8	3.95	2.47	3.28	3.19	6.1	0.0	400	3.85	2.14	2.80	2.83	6.0	+0.5	200
25																
30	0.46	11.6	3.57	2.23	2.85	2.85	5.1	+0.4	200	3.61	1.66	2.47	2.63	6.6	+0.5	200
35	0.58	7.1	3.80	2.14	2.99	2.95	6.0	+0.3	300	3.66	2.14	2.80	2.75	5.3	+0.1	300
40	0.70	12.1	2.90	1.52	2.23	2.15	4.5	+0.3	200	2.71	1.76	2.09	2.12	4.6	+0.5	100
45	0.75	6.0	3.14	1.71	2.52	2.43	4.3	+0.1	300	2.90	1.61	2.23	2.32	4.9	-0.1	200
50	0.53	8.3	3.09	1.80	2.14	2.26	5.3	+1.6	100	2.86	1.76	2.19	2.25	4.3	+0.3	200
55	0.60	6.3	2.66	1.23	1.76	1.78	4.7	+0.7	100	2.42	1.38	1.85	1.86	3.9	+0.3	100
60	0.60	7.8	2.38	1.19	1.52	1.68	5.3	+0.3	200	2.33	1.42	1.90	1.92	3.5	+0.1	200
65																
70	0.72	6.7	2.23	1.19	1.57	1.57	3.9	+0.7	100	2.23	1.04	1.61	1.58	3.8	+0.5	200

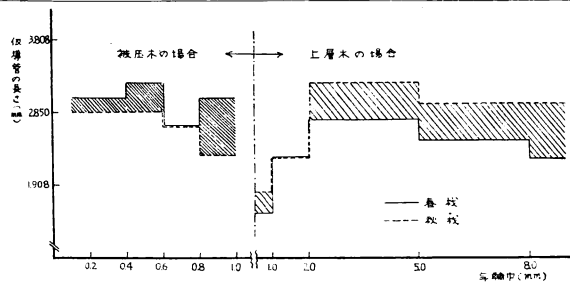


Fig. 13 年輪巾と春秋材仮導管長のモード域

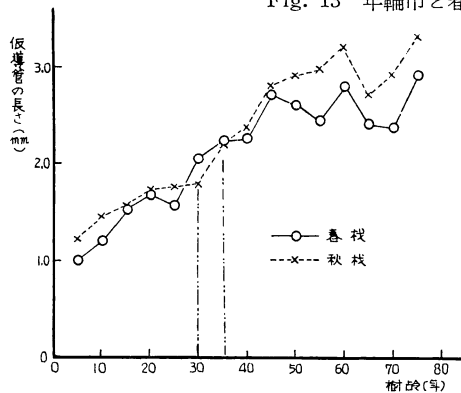


Fig. 14 上層木における樹齢と仮導管長

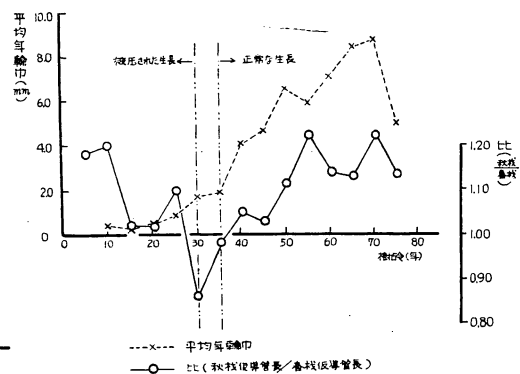


Fig. 15 上層木における平均年輪巾の歴年変化と春秋材仮導管長の比

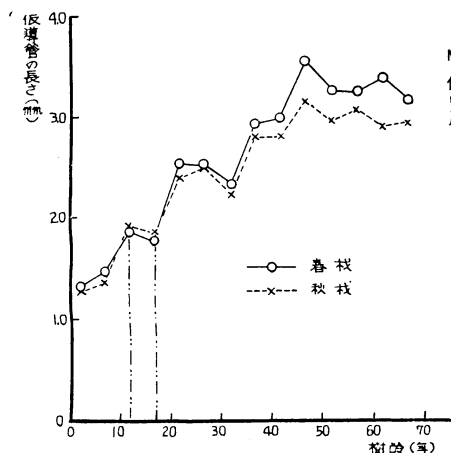
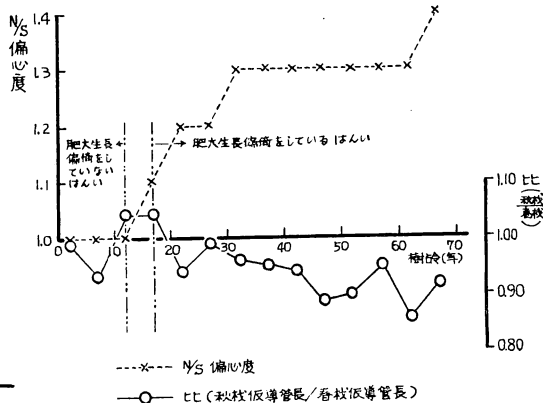


Fig. 16 下層木における樹齢と仮導管長

Fig. 17 下層木における偏心度と春秋材
仮導管長の比

ており、これはまた Fig. 17 にみられるように、この供試木でその肥大生長が偏倚しはじめるときにあたっている。

要 約

この報告では北海道厚田産トドマツ材 (*Abies* sp.) の細胞構造を観察して、年輪巾のもつ材質的な意味をたしかめようとしたもので、その結果あきらかになったことがらは次のようである。

(1) 年輪巾と細胞の数とのあいだに下層木の年輪では比例的な関係がみられ、その細胞数が分散する域も一定しているが、上層木の年輪ではその細胞数は 2.0 mm 以上で年輪巾に比例したかなり広い分散域があらわれ、2.0 mm 以下ではその分散域は年輪巾の減少とともに漸減しており、その上限は下層木の細胞数の分散域と一致し、下限は上層木の 2.0 mm 以上の年輪のものとも一致している。これは上層木の 2.0 mm 以下の年輪ではそこに堆積する細胞数に樹齢階による変化があきらかにあらわれているためであった。

(2) 多くの年輪についてその細胞構造をたしかめたるうえで、年輪の半径方向の細胞の配列を観察して、細胞が扁平で ($r/t \leq 1.0$, r , t は細胞の半径と切線方向の径) 細胞膜 (M) の最大値があらわれてくるまでを秋材とし、細胞が細長くて ($r/t \geq 1.0$) 膜の薄い ($L/M \geq 2.0$, L は Lumen の半径方向の径) ところまでを春材とし、そのあいだを変移帯とした。

(3) 年輪のなかで春材から秋材までの推移にこのような限界をつけてみると、年輪巾に比例して増減しているのは春材と変移帯の細胞で、秋材の細胞はこれとほとんど関係なくほぼ一定の数がかぞえられた。

(4) このようにしてきめた秋材細胞の集合から秋材率をもとめると、それは年輪巾に双曲な関係をしめている。

(5) このようにしてきめた秋材と Macro な観察で定められた秋材をくらべると、後者は変移帯細胞の大部分のものをふくんでおり、これをふくむ量が 2.0 mm 以上の年輪巾ではほぼ一定しているが、2.0 mm 以下では年輪巾に比例して漸減している。

(6) 細胞膜の厚さ(平均値)が年輪巾に比例して増減するのは秋材と変移帯では2.5 mm ぐらいまで、春材では1.5 mm ぐらいまでで、それ以上はいずれも一律の変化がみられない。

(7) 細胞膜の実質率をもとめると、年輪巾が2.0~2.5 mm のあいだにそのMax. があらわれ、その両側の年輪巾の増減する方向に膜質率はいずれも漸減している。年輪巾1.5 mm 以下の領域では膜質率は複雑に変化している。

(8) 仮導管長のモード域は上層木の例では年輪巾が2.0~5.0 mm にMax. で、その両側の年輪巾の増減する方向にはいずれも漸減しているが、下層木の例では(およそ1.0 mm 以下の年輪巾のもの)年輪巾によるモード域の変化はあきらかでない。

(9) 春秋材の仮導管長のモード域は上層木の例では年輪巾が1.0~2.0 mm のあいだでは等しいが、そのほかの領域ではつねに秋材のものが春材よりたかい。これにたいして下層木の例では年輪巾が0.6~0.8 mm のあいだではそのモード域が等しいが、そのほかの領域では春材のものが秋材よりたかく全く反対の傾向をしめしている。

(10) 春秋材の仮導管長を平均値についてみれば、上層木の例では秋材が春材より大きく、その生長の経過で被圧の状態が解除されて正常な生長にうつるときに一度春材のものが秋材より長くなるときがみられており、また、下層木の例では春材のものが秋材より大きく、幹の肥大生長が偏倚しはじめるときに一度秋材の仮導管長が春材より大きくなるときがみられている。

参 考 文 献

- 1) 加納 孟：木材材質の森林生物学的研究
第3報 野幌産トドマツ材の年輪巾，秋材率，容積密度数の偏異について
林業試験場研究報告 52号，(1952)。
- 2) ————：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巾と秋材率 林業試験場研究報告 61号，(1953)。
- 3) 蕪木自輔：木材材質の森林生物学的研究
第6報 北海道厚田産トドマツ材の偏心生長と立地の傾斜 林業試験場研究報告 61号，(1953)。
- 4) Ake. Wiksten: Metodik vid mätning av årsringens varved och höstved. (Meddelanden frau Statens Skogsförsöksanstalt, Häft 34, 1944—45, s. 451—496)
- 5) Darid Johansson: Über Früh und Spätholz in Schwedischner Fichte und Kieker und über ihren Einfluss auf die Eigenschaften von Sulfit-und Sulfate-zellstoff. (Holz als Roh und Werkstoff, Heft 3, s. 3, 1940)

Takeshi KANO: Forest-biological Studies on the Wood Quality. (Report 9)
On the construction of the annual rings of Todo-fir (*Abies* sp.)
grown at Atsuta district in Hokkaidô.

Résumé

The purpose of this paper was to induce the characteristic significance of the width of annual rings in connection with the wood properties by observations both of construction of the cell form and of arrangement of the annual rings of Todo-fir (*Abies Mayriana* MIYABE et KUDO) grown at Astuta district in Hokkaido.

The general tendencies obtained by this investigation were as follows:

(1) There is proportional relation between the number of cell in annual ring and the width of annual ring in the group of lower storey trees and it disperses within the narrow region. These tendencies are shown in Fig. 1, and the characteristic variation of the region, in which it disperses under the width of annual rings of 2.0 mm, is noticed by the relation between the number of cell and the ages of trees as shown in Fig 2.

(2) The characteristic limitation between summer wood and spring wood are based on the microscopical measurements of cell structures of about 15000 cells incised the specimens.

The cell dimensions of the measurement for the purpose of this report are used radial thickness of tangential cell wall between two cells (V), the radial interior part of the lumen (L) and the radial (r) and tangential (t) parts of the cell between two primary layers. In the group of normally grown trees the number of cell is in proportion to the width of annual ring over the width of annual ring of 2.0 mm and it disperses within the limited region, and the region in which the number of cell disperses at the width of annual ring of about 2.0 mm fall down gradually with the decrease of the width of annual rings.

So that in the group of normally grown trees the upper limit of the region, in which the number of cell disperses, corresponds to that of the lower storey trees, and the lower limit corresponds to the region of normally grown trees in which it disperses over the width of annual ring of 2.0 mm.

Since the cell-form is flat ($r/t \leq 1.0$) and the thickness of cell membrane (M) is the maximum, these cells are assumed to be as the spring-wood and judging from above facts there may be recognized the existance of transitional zone between the spring wood and the summer wood.

(3) When we mark the limit of transitional cell between summer wood and spring wood by the microscopical measurement, the number of cell in the spring wood and the transitional zone is dispersed in proportion to the width of this annual ring, but that of summer wood is nearly constant without any relation to the annual rings. These tendencies are shown in Fig. 3.

(4) The dispersion of the percentage of summerwood cell in an annual ring that is already described, is noticed as a kind of hyperbolic curve to the

width of annual ring.

(5) As compared with the distributions of the percentage of summer-wood cell that is obtained by means of the microscopical and the macroscopical measurements described in the former report*, the most parts of the transitional zone are contained the summer-wood cells observed by means of the microscopical measurement. So that this parts of the transmitted zone, that contain the summer-wood cells, are almost stable below the width of annual rings of 2.0mm, but gradually decrease in proportion to the width of them above 2.0 mm.

(6) The thicknesses of cell membranes both of summer-wood and transitional zone are in proportion to the width of annual rings of below 2.5 mm and the same relation is true with those of spring wood of below 1.5 mm, but over these regions there is no relation as described above for both of the spring and the summer-wood.

(7) The percentages of cell wall substance in the full cell seem to have maximum point under the width of annual ring of 2.0—2.5 mm, and the tendencies gradually decrease in the region beyond the both side of this limit. But in the case of the width of annual ring of below 1.5 mm, there is no relation between them as shown in Fig. 8, that is similar result described in the former report.

(8) In the normally grown trees, the mode of distribution of length of tracheid indicates the maximum point under the region of the width of annual ring of 2.0—5.0 mm, and gradually decrease in the region beyond both side of them. But on the lower storey trees, the tendencies described above are irregularly different from the normally grown trees.

(9) In the normal growing trees, the mode of distribution of length of summerwood tracheid is higher than that of spring wood in the most parts of region of the width of annual ring except the width of annual ring of 1.0—2.0 mm that have equal modes between the summer wood and spring wood.

But in the lower storey trees, the mode of distribution of length of summer-wood tracheid is equal to that of spring wood in the region in the width of annual ring of 0.6—0.8 mm, but except this region the later is higher than the former.

(10) In the normally grown trees, the mean value of length of summer-wood tracheid is larger than that of spring wood, but after changing process of growing from sapressed wood to normal wood the later is higher than the former.

And in the lower storey trees, the mean vlaue of length of spring wood tracheid is usally higher than that of summerwood, but after eccentric growth of stem in the radial direction, the length of summer-wood tracheid is longer than that of spring wood.

* Forest Biological Studies on the Wood Quality (Report 5) On the width of annual rings and the summerwood percents of Todo-fir grown at Astuta district in Hokkaido.