

熱帯産造林木の材質 第1報

フ ィ ー ジ ー 産 カ リ ビ ア マ ツ

熱帯産造林木研究班⁽¹⁾

Working Group on Properties of Tropical Plantation-grown Species :

Wood Properties of Tropical Plantation-grown Species I

Pinus caribaea MORELET var. *hondurensis* BARR.

& GOLF. from a Plantation in Fiji

要 旨：カリビアマツは、熱帯に植林されている造林木のうちでも、最も期待されている樹種の一つである。フィジーでも、すでにパルプ材として利用可能な大きさになったものが少なくない。フィジーからの丸太輸入の機会に試料を入手し、木材利用の基礎となる諸性質について検討を行った。

明らかになったことを挙げると、基礎材質については 1) 仮道管の寸度：アカマツに比較して大きい、2) 気乾容積重（アルコール-ベンゼン未抽出試料）：530（400~670） kg/m^3 、3) 生長輪幅：髓付近では 35mm に達するものもあり、供試木ごとの平均生長輪幅は 5.2~13.1mm、4) 繊維傾斜：8.6~38% で、アカマツに比較して大きい、5) 吸水量：日本産で最も多いクロマツより多い。

次に、平角実大材の曲げ試験の結果、ヤング係数の範囲は $56.6 \times 10^3 \sim 138.9 \times 10^3 \text{ kgf/cm}^2$ で、平均値は $88.7 \times 10^3 \text{ kgf/cm}^2$ 、破壊係数の範囲は 194~605 kgf/cm^2 で、平均値は 426 kgf/cm^2 であった。ひき材の乾燥適性については、水分の移動性が良好で乾燥所要時間は比較的短く、初期割れのやや発生しやすいものもあったが、実務上問題は少ない。パルプ適性については、パルプ化は容易で、精選収率 47~48% が得られた。また、強度的にはアカマツに比較して裂断長、比破裂強さで劣るが、比引裂強さではすぐれていた。

目 次

ま え が き	17
I フィーjee産カリビアマツ造林木について	18
II 解剖学的性質	21
III 容積重、収縮率および繊維傾斜	26
IV 吸水性および吸水量	33
V 強度的性質	35
VI ひき材の乾燥性	42
VII パルプ化試験	48
要 約	51
引用文献	53
Summary	54

ま え が き

熱帯各地においても、古くから造林の試みがなされてきているが、最近になって、小規模の試験造林の範

1985年12月17日受理

(1) 木材部・木材利用部・林産化学部

木 材—49 Wood Technology—49

木材利用—43 Wood Utilization—43

林産化学—37 Forest Products Chemistry—37

圃を越え、木材の商業的な生産が行えるような面積の造林地が増加するようになってきた。これらのうち、植栽時期によっては、すでにパルプ材として利用出来る大きさに達したものが少なくなく、また、用材として利用出来る大きさに達しつつあるものの植栽面積も徐々にではあるが増加して来ている。

これらの造林地のなかには、日本への輸出を目標として設定されたものがある。また、そうでなくとも日本が太平洋地域での最大の木材輸入国であるために、将来このような地域で生産された木材が、我が国の木材市場へ輸出される可能性の高いことも十分考えておく必要がある。現在でも、少数の樹種が小量づつではあるが、すでに我が国の市場で取り扱われている事実があることから、これら熱帯産の造林木への対応は避けられないことであろう。

このような事情から、現在東南アジアおよび南太平洋地域に植栽されている主要な樹種の基礎的な性質について資料を集積しておくことは、将来の木材利用にとって必要なことであると考ええる。

一方で、これらの樹種の木材の性質についての資料は将来の熱帯地域における造林樹種の選択に役立ち得ると考える。

この一連の調査では、マツ類を中心とした針葉樹およびユーカリを主とした広葉樹の木材を、試料として取り上げていく計画をたてている。

なお、調査項目としては、比重、年輪幅、繊維傾斜度、収縮率、吸水量、繊維長、細胞構成、強度などの基礎的な性質ならびに乾燥、製材、合板、パルプなどの製造などに関連した性質を取り上げた。これらの試験項目は、樹種の予想される用途により、また入手試料の大きさによって、異動がある。

この一連の報告の第 1 報はフィジー産カリビアマツ造林木を対象とした。

I フィジー産カリビアマツ造林木について

カリビアマツ (*Pinus caribaea* MORELET) の天然分布は、その名前が示すように、カリビア海に面する地域である。*Pinus caribaea* var. *hondurensis* BARR & GOLF., *P. caribaea* var. *caribaea* MORELET, *P. caribaea* var. *bahamensis* BARR & GOLF. などの 3 変種が知られている。

この調査に用いられたものは var. *hondurensis* である。

カリビアマツは世界の熱帯地域における造林樹種としては、もっとも広く植栽されているものの一つである。したがって他の熱帯産の造林木に比較して木材の性質に関する研究報告¹⁾ も多い。しかし同一産地のものについて多項目の試験を行った例はない。ここで取り上げたカリビアマツは、フィジー産であるので、同国における事情を述べてみる。

フィジー国では、種々の文書によると、このカリビアマツの造林を日本への輸出を目標として行っているとのことである。したがって、他の国々の場合と比較して、日本との関係はより具体的になる可能性が高いと考えざるを得ない。

フィジー国では、このカリビアマツの造林に力を入れてきており、政府、フィジーマツ委員会、民間などによる造林地の面積が着々と増加してきている。

フィジー国のカリビアマツ植栽面積のうち最大のものはフィジーマツ委員会によるものである。その樹齢構成、植栽面積を Table 1 に示してある²⁾。なお、同委員会では、最終的には 75,000 ha まで造林を拡大する予定でいる。なお、現在までのフィジーにおける年平均生長量は ha 当たり 20 m³ とされている。

Table 1 .1980年末におけるフィジーマツ委員会のカリビアマツ資源 (ha)
Fiji Pine Commission *Pinus caribaea* Resource as at 31, 12, '80.

地域 植栽年度	Nabou	Nadi	Lololo	Ra	Bua	計 Total
1959		1		1		2
60						
61						
62		6				6
63		9		13		22
64		38	76	70		184
65		34	34			68
66		23	132	159		314
67		37	40	204		281
68		20	229			249
69		18	420			438
70		24	404			428
71			876			876
72			908			908
73			1,970			1,970
74	714		1,476	97		2,287
75	1,836		807	99	61	2,803
76	1,992		1,183	103	478	3,756
77	2,705		927	423	780	4,835
78	199	75	403	649	564	1,890
79	1,939	1,706	162	564	537	4,908
80	1,301	2,053	180	192	891	4,617
計	10,686	4,044	10,227	2,574	3,311	30,842

2) 試験材

この調査に用いたカリビアマツは、フィジーマツ委員会からの書簡によると、Viti Lebu島のLautoka市近郊のLololo造林地において伐採されたものとされている。この造林地では間隔10フィート×9フィート、したがって、ha当たり1,196本の密度で植栽されている。間伐は行われていないが1972年のハリケーンによる倒木があり、密度は当初より減少しているとのことである。

試験材とした丸太は、フエジー国から商社を通じて鹿児島港に昭和55年7月に輸入された約18,000 m³の一部で、同社によると、その内の製材用丸太の末口直径は最低20 cm、平均25 cmとのことである。入手した丸太は約10 m³、38本でその末口直径分布は16 cm 2本、18 cm 2本、20 cm 3本、22 cm 10本、24 cm 4本、26 cm 1本、28 cm 8本、30 cm 5本、32 cm 1本、36 cm 1本、40 cm 1本であった。これは当分の間、同国から輸出されるカリビアマツの製材用原木の直径分布の目安として考えておいてよいだろう。

須藤 彰 司

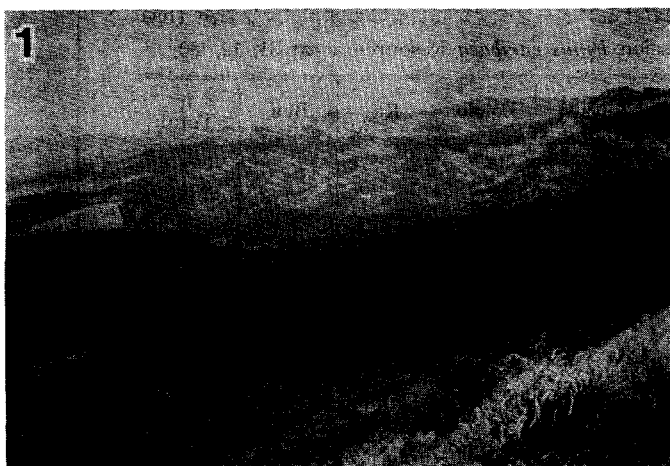


Photo. 1 フィジー国ビチレブ
島ラウトカ周辺のカリビ
アマツ
Plantation of Caribbean
pine in Lautoka, Fiji.



Photo. 2 カリビアマツ林の内部
同上
Closer view of a Car-
ibbean pine plantation.



Photo. 3 試験に用いられたカリ
ビアマツの丸太
Caribbean pine logs
used for test.

II 解剖学的性質

木材の肉眼的、顕微鏡的性質を記載し、日本産のアカマツやクロマツ、さらにニュージーランド産のラジアタマツなどの温帯産のマツ類と比較検討した。

1. 試験材と観察方法

前掲 38 本の供試丸太から 3 本の丸太（丸太番号 497, 535, 7480）を選んだ。

これらの丸太のうち、丸太 No. 7480 は元口、元口より 4, 6, 8 m の 4ヶ所の部位から、他の 2 本は元口と末口から円板を採取し、樹心を通る幅 5 cm の材片を木取り、これから検鏡標本用のブロックおよび仮道管長測定用の試片を採った。仮道管長は晩材部を Jeffrey 法により解離して、それぞれ 50 本の仮道管について測定した。また、仮道管の直径や壁厚は 30 本にいつて測定した。

2. 観察結果

2-1 肉眼的性質

辺・心材の境界は不明瞭である。辺材は黄白色を呈し、その幅は狭く、元口で 4~6 cm、末口で 2~3 cm で 2~数年輪を含む。心材はやや赤味を帯びた淡褐色である。年輪は樹心から 10 年輪程度までは明瞭ではなく、境界にはやや緻密で、かすかに濃色の帯が認められる。これより外側へむかうと年輪界は明らかにになり、濃色の広い晩材が形成される。外側の年輪でも、ときには晩材への移行部に幅の狭い濃色部分が認められた。年輪幅は全体として広いが、とくに樹心付近から 10 年輪程度までは 10~20 mm と広い。3 個体とも樹脂分が多く、髓を中心に直径 5~10 cm の範囲で樹脂が浸出した濃色の部分が存在した。

2-2 顕微鏡的性質

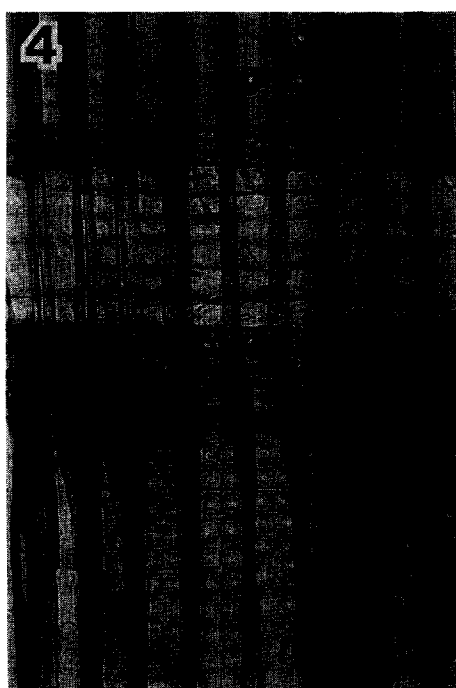
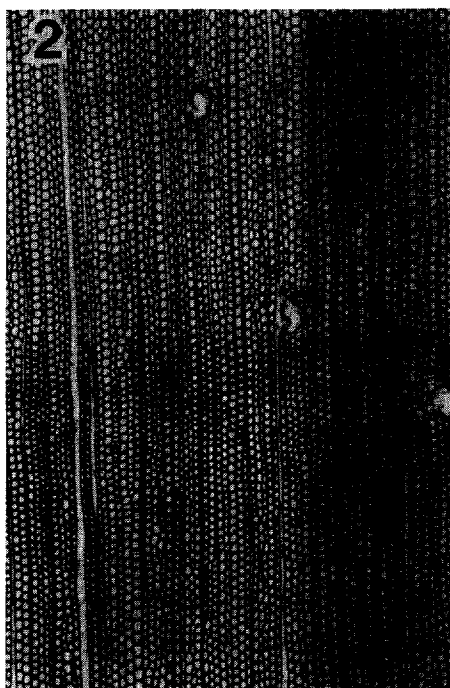
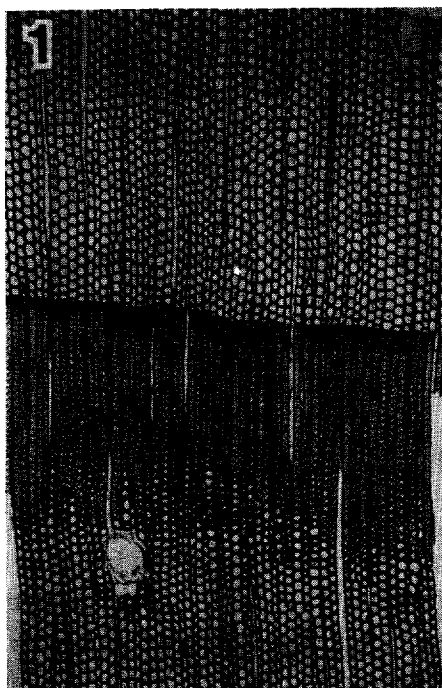
構成要素は仮道管、放射組織とからなる。また軸方向樹脂道および水平樹脂道をもつ。3 断面の顕微鏡写真を Photo. 4-1~4-4 に示した。仮道管および軸方向樹脂道の寸度については、同種の天然性のものや温帯産のマツとを比較して Table 2 に示した。

A) 仮道管

構成要素の大部分を占める。樹心付近では早晚材の差は認めにくい、晩材に相当する部分では、仮道管はやや丸味をおび細胞壁も若干厚くなっている (Photo. 4-2)。これにたいし外側の年輪では、早晚材の差が判然としている (Photo. 4-1)。仮道管の寸度は Table 2 に示したように早晚材とも、接線径、放射径、壁厚のいずれも温帯産のアカマツ、クロマツ、ラジアタマツなどよりもかなり大きい。天然生のカリビアマツとは、ほぼ同じか若干大きい程度である。他方、仮道管長の樹心から外側への変異についてみると、Fig. 1 に示したように、第 1 生長輪ですでに 2 mm 以上に達し、それより外側にむかってほぼ 10 生長輪まで急激に伸長し、5.8 mm 近くに達し、それよりややゆるやかになるが最終的には 6 mm 以上となる。アカマツやラジアタマツなどと比較して仮道管長の伸長も大きく、その安定するようになる仮道管長も 6 mm 前後で、前者に比しほぼ 2 mm 長い。また仮道管の放射断面には 2 列に配列する有縁壁孔が顕著で、この点もアカマツなどと異なる。

B) 放射組織

放射柔細胞と放射仮道管からなる。放射柔細胞は一般に薄壁である。単列で 3~20 細胞高に達する。水平樹脂道を内蔵する放射組織が出現するが、そのエピセリウムは薄壁である。分野壁孔はマツ型で



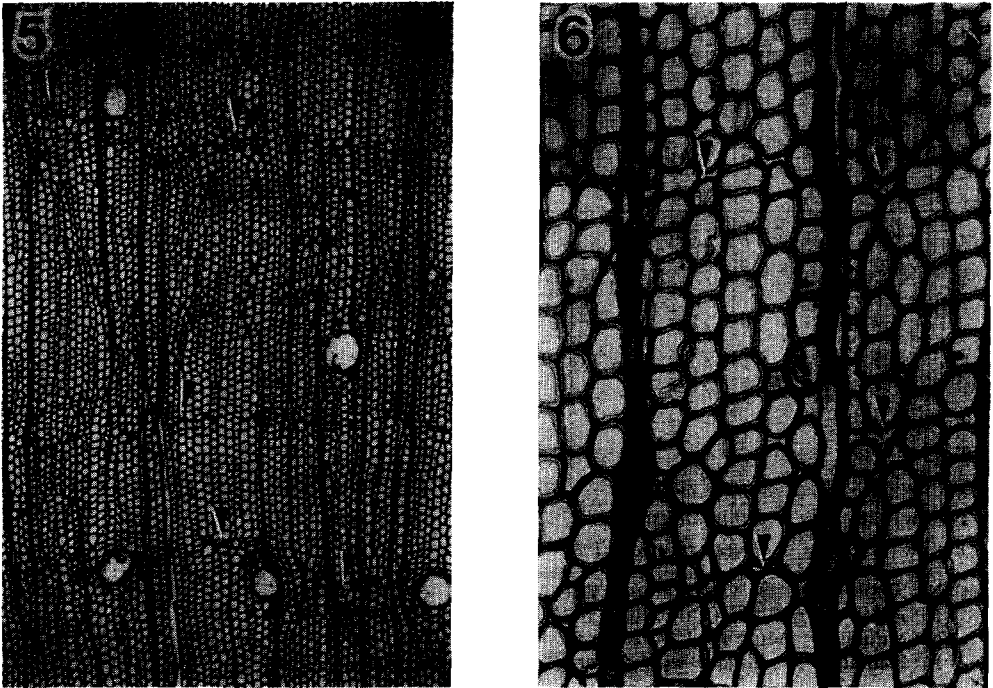


Photo. 4 カリビアマツの解剖学的性質
Anatomical features of Caribbean pine.

- 4-1 円板の外側部分に存在する明瞭な生長輪
Tr. sect. Showing a distinct growth ring of the outer-part of a disk. $\times 30$
- 4-2 円板の中心部分における不明瞭な生長輪
Tr. sect. Showing an indistinct growth ring of the inner-part of a disk. $\times 30$
- 4-3 接線断面 Tangential section. $\times 75$
- 4-4 放射断面 Radial section.
仮道管に対列の有縁壁孔分野壁孔は マツ型, 放射仮道管の鋸歯状突起顕著
Showing tracheids with opposite arrangement of bordered pits and pinoid pitting in a cross-field, and conspicuous dentation on the wall of ray tracheids. $\times 150$
- 4-5 横断面に分布する異常組織 (矢印)
Tr. Sect. Showing the distribution of abnormal tissue. $\searrow \times 75$
- 4-6 異状組織の拡大
Close-up of the abnormal tissue. $\times 150$

Table 2. 解剖学
Anatomical

試験材番号 Sample log No.	樹種 Species	産地 Origin	測定位置 Measuring position
7480	<i>Pinus caribaea</i>	フィジー Fiji	* 成熟部
7480	"	" "	** 未成熟部
497	"	" "	* 成熟部
497	"	" "	** 未成熟部
535	"	" "	* 成熟部
535	"	" "	** 未成熟部
TwTw 2519	"	ホンジュラス Honduras	* 成熟部
TwTw 426	"	" "	* 成熟部
TwTw 5700 P	<i>Pinus radiata</i>	ニュージーランド New Zealand	* 成熟部
TwTw 9285 N	<i>Pinus densiflora</i>	日本 Japan	* 成熟部
TwTw 9288 N	<i>Pinus thunbergii</i>	" "	* 成熟部

注: N 天然木 * 成熟材 (11年輪～の平均値)

P 造林木 ** 未成熟材 (1～10年輪の平均値)

N: Natural * Adult wood (Average for 11th ring and outwards)

P: Plantation ** Juvenile wood (Average for 1st~10th rings)

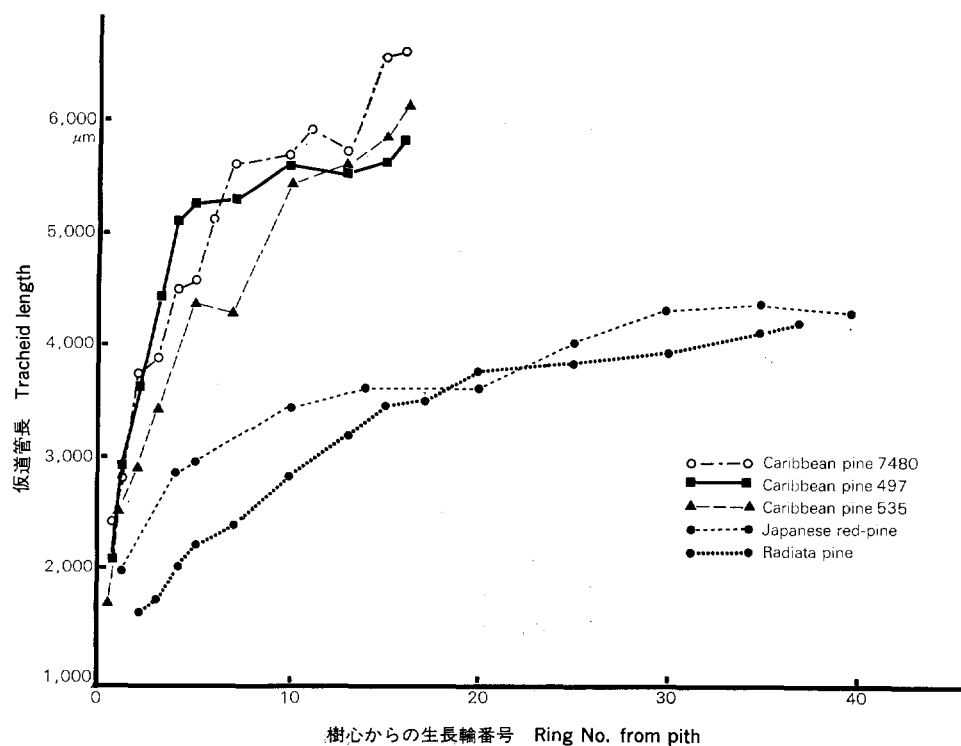


Fig. 1. 樹心からの年輪数による仮道管長の変動

的 性 質
characteristics

早材 Early wood tracheids			晩材 Late wood tracheids			仮道管長 Tracheid length (μm)	軸 方 向 樹脂道径 Resin duct diameter (μm)
細 胞 径 Cell diameter		接線壁厚 Wall thickness Tang. (2 W)*	細 胞 径 Cell diameter		接線壁厚 Wall thickness Tang. (2 W)		
放射方向 Radial (μm)	接線方向 Tangential (μm)		放射方向 Radial (μm)	接線方向 Tangential (μm)			
58.7	47.6	7.7	31.1	43.1	14.9	6,190	280
55.7	55.8	6.0	34.5	38.7	11.2	4,378	220
68.3	57.0	7.6	35.4	51.0	17.1	5,610	165
68.5	51.1	6.5	32.8	46.6	13.9	4,407	150
65.5	61.9	6.9	33.1	51.9	16.4	5,710	208
64.8	57.5	6.4	41.2	46.5	11.9	3,492	152
58.4	51.1	7.1	27.6	44.4	12.1	5,800	170
60.9	53.9	7.7	25.5	48.0	12.5		200
53.0	39.2	6.5	26.0	30.6	9.1	4,300	210
43.0	38.7	4.8	26.2	35.9	12.8	4,300	160
44.0	36.2	5.0	22.3	26.9	9.9	4,200	180

早材部および晩材部の仮道管の寸度はそれぞれ前者は年輪の最内部、後者は最外部で測定された。

Dimensions were measured on the tracheids of innermost part (for early wood) and on the outermost part (for late wood) of every ring.

* 2W : 細胞壁厚 $\times 2$, Common wall

2~4/分野 存在する (Photo. 4-4)。放射仮道管の多くは上下両端に存在し、鋸歯状肥厚が顕著である (Photo. 4-4)。

C) 軸方向樹脂道

孤立して散在し、多くは早材部に分布し、その直径は大きく 280μ (平均) に達する。樹脂道は薄壁のエピセリウムに包まれ、さらにその外側を軸方向柔細胞が囲んでいる。

2-3 異常組織について

異常組織は3本の供試木のうち No. 7480 と 535 の2個体に認められ、Photo. 4-5, Photo. 4-6 に示したように木口面ではルーペでようやく認められるほどの大きさで、散点状、あるいは長短の接線状にのびる細い線として不規則な模様をつくるものである。幹内の分布は、樹心から数年のところで密であったが外側の年輪でも、ところどころに同心円状の細い線として現れる場合も見られた。これらの異常組織は元口を除くすべての円板に認められた。構成細胞の多くは柔細胞で、異常に厚壁のものと、2次壁を欠く薄壁の細胞からなっていた。この異常組織に伴って、その近辺には大きな細胞間隙が存在するとともに、正常な仮道管や放射組織の配列が大きく乱れる場合がしばしば見られた (Photo. 4-6)。なお、この異常組織の詳細については別途に報告⁸⁾した。

3. 考 察

カリビアマツの組織や材質については1950年頃から世界各地で造林試験されたものについて報告されている⁸⁾⁹⁾⁶⁾⁷⁾。就中、SCHMIDT⁶⁾が New South Wales 産の26年生のカリビアマツ5本について得た結果によれば仮道管長は第1年輪で約1.5mmで、それより外側へ急激に伸長し8~19年で安定するようになり、その長さは4.5~5.0mmに達する。また、この仮道管長の安定する年輪の髄からの距離は6.0~13.0cmであると報告している。これに対して、今回のフィジー産カリビアマツの仮道管長は、第1

生長輪でもすでに長く、かつ外側への伸長も急激で 15~16 生長輪で 6 mm 以上に達し、最大長も長い。またホンジュラス産との比較では Table 1 に示したように仮道管の寸度はほとんど変らない。しかし、日本産のアカマツ、クロマツやニュージーランド産のラジアタマツなどの温帯産のマツと比較して見ると、Fig. 1 に示したようにカリビアマツの方が仮道管長の伸長も速く、到達する最大長さも 6 mm 以上とかなり長いことがわかる。仮道管の直径、壁厚についても Table 2 に示したようにカリビアマツが 15~35% の範囲で、それぞれの寸度が大きい。これについては GROOM⁴⁾ は多くの針葉樹の仮道管の大きさを測定し、その大きさは熱帯のものは温帯のものより大きいと報告している。ここでの測定結果は、GROOM の結果と同様である。

須 川 豊 伸

Ⅲ 容積重、収縮率および繊維傾斜

各丸太の中で収縮率、容積重、繊維傾斜がどのようにあらわれるかを調査した。カリビアマツの造林木は産地によって材質の変動が大きいと言われているので、33 本の丸太の中でこのような材質指標がどのような変動を示し、その結果から多くの産地の中でどのように位置づけ出来るかを検討出来るようにした。

1. 試験材と測定方法

1-1 供 試 材

この試験に供した丸太本数は合計 33 本で、各供試丸太の末口からそれぞれ一枚ずつ円板を採取した。

1) 収縮率の測定

円板から、円板の形状に偏倚性があることも考慮して、髄を含む直径方向に試料を木取り、その中から試験片を採取した。髄を含む試料の中心部から JIS Z 2103 に定められている 30 mm (接線方向)×30 mm (半径方向)×5 mm (軸方向)の木口試験片を原則として連続的に木取り、また、これに対応する幹軸隣接部位から、5 mm (接線方向)×30 mm (半径方向)×60 mm (軸方向)の柾目試験片を木取った。

各試験片の中央位置と樹心からの距離をもって試験片番号とし、取りまとめの便を図った。これらの測定に供した試験片は 221 個である。

2) 容積密度数、全乾容積重、気乾容積重などの測定

上述の 1) の試験片を用いた。

3) 繊維傾斜度の測定

カリビアマツは繊維の傾斜が大きいことが予想された。

試験片は生材状態の円板について、さきの木口試験片、柾目試験片に対応する部位から、幹軸および接線の各方向の長さをそれぞれ 30 mm に木取った。

4) 年輪構造解析

生長輪の形成を把握するため年輪構造解析用試験片として、軸方向 5 mm の試験片を木取った。この試料については、樹脂分の含有量を調べるため、2 枚の試料を連続して準備した。

1-2 測定方法

収縮率の測定は JIS Z 2103 に準じて行い、気乾 (含水率 15%) 時までの収縮率 (α_{15} %), 含水率 1 % あたりの平均収縮率 (δ %) および全収縮率 (α %) をそれぞれ接線、半径および軸の 3 方向について算出した。また同時に容積収縮率 (全収縮率 α_v %) を算出した。この長さの測定にあたっては精度 1/500

mm のマグネスケールを使用し、重量の測定には精度 1/1000 g の直視天秤を使用した。さらに容積密度数 ($R \text{ kg/m}^3$)、全乾容積重 ($r_0 \text{ g/cm}^3$) および含水率 15% の気乾容積重 ($r_{15} \text{ g/cm}^3$) をも算出した。これらの測定はアルコール-ベンゼン等量液で抽出した試験片についても行った。

繊維傾斜度の測定は試験片の両木口面に基準線をもうけ、一方の木口面から割裂し、他面にあらわれた割裂線と基準線とのふれをカーブリーダーで 2 mm ごとに測定した。この値と幹方向との長さの比を求め、パーセントで表示した。

カリビアマツの生長輪内の密度変動を調べるために、ソフト X 線とマイクロデンシトメータによる年輪構造解析手法を応用した。年輪構造解析を実施するに際し、樹脂分の含有状況を把握するために、上述のように、厚さ 5 mm の試料を 2 枚準備した。

2. 結果と考察

2-1 容積重および収縮率の大きさ

供試丸太別の容積密度数、気乾時容積重（含水率 15%）、全乾容積重および接線、半径、軸方向の収縮率の平均値ならびにそれぞれの最大値、最小値を総括して Table 3 に示す。なお、全試験片をアルコール-ベンゼン等量液で脱脂した後に測定した値を軸方向収縮率等を除いたすべての測定項目について求め

Table 3. 容 積 重 お よ び 収 縮 率 総 括 表
Mean values for density and shrinkage of sample logs.

直 径 Log di- ameter (cm)		代表値 Represent- ative fig- ures	収 縮 率 Shrinkage										容 積 重 Density		
			α_1			α_2			α_3				R	r_0	r_{15}
			t	r	l	t	r	l	t	r	l	v			
16.5 (Min.) } 26.8 ($\bar{x}$) } 41.7 (Max.) $n : 33$	I	n	217	217	150	217	217	150	218	218	150	218	218	218	
		Max.	3.54	2.00	0.24	0.31	0.22	0.03	8.00	5.18	0.66	12.80	552	0.63	0.67
		Min.	1.73	0.69	0.02	0.17	0.09	0.01	4.30	2.15	0.17	7.13	347	0.38	0.40
		$\bar{x}$	2.63	1.23	0.11	0.24	0.15	0.05	6.19	3.39	0.35	9.72	436	0.49	0.53
		σ	0.67	0.47	0.08	0.05	0.05	0.008	1.27	1.14	0.17	2.04	77	0.09	0.09
	II	n	212	212		212	212		212	212		212	212	212	212
		Max.	4.51	2.40		0.32	0.22		9.04	5.61		14.41	513	0.60	0.67
		Min.	2.38	0.94		0.17	0.10		4.98	2.48		8.35	329	0.36	0.40
		$\bar{x}$	3.45	1.53		0.24	0.15		7.01	3.76		11.12	409	0.46	0.53
		σ	0.74	0.53		0.05	0.04		1.42	1.14		2.15	68	0.09	0.08

注 : α_1 : 生材から気乾 (含水率 15% 時) までの収縮率 (%)

Note Shrinkage percent from green to air dry (15% moisture content) (%).

α_2 : 含水率 1 % あたりの平均収縮率 (%)

Shrinkage percent per unit moisture content (%).

α_3 : 生材から全乾までの全収縮率 (%)

Shrinkage percent from green to oven dry (%).

t : 接線方向 Tangential direction. r : 半径方向 Radial direction.

l : 軸方向 Longitudinal direction. v : 容積 Volume.

R : 容積密度数 Bulk density (kg/m^3).

r_0 : 全乾容積重 Apparent specific gravity at oven dry (g/cm^3).

r_{15} : 含水率 15% 時に換算した容積重 Apparent specific gravity at air dry (at 15% moisture content) (g/cm^3).

n : 試片数 Number of measurements. Max.: 最大値 Maximum value.

Min.: 最小値 Minimum value. $\bar{x}$: 算術平均値 Average value.

σ : 標準偏差 Standard deviation. I: 未抽出 Non-extracted. II 抽出: Extracted.

併示した。

容積密度数, 気乾・全乾容積重の全供試木の値は(試験片数 221), 未抽出の場合で平均値がそれぞれ 435 kg/m^3 ($347 \sim 552 \text{ kg/m}^3$), 0.53 g/cm^3 ($0.40 \sim 0.67 \text{ g/cm}^3$), 0.49 g/cm^3 ($0.38 \sim 0.63 \text{ g/cm}^3$), 脱脂した場合でそれぞれ, 408 kg/m^3 ($329 \sim 511 \text{ kg/m}^3$), 0.50 g/cm^3 ($0.40 \sim 0.63 \text{ g/cm}^3$), 0.46 g/cm^3 ($0.36 \sim 0.60 \text{ g/cm}^3$) である。

Fig. 2 に脱脂した試料についての容積密度数の出現頻度分布を示す。

これらの値を天然木についてすでに求められている文献, たとえば FAHNESTOCK および GARRATT⁹⁾ らの

容積重で $0.381 \sim 0.522 \text{ g/cm}^3$, 同じく HOUKAL¹⁰⁾ の平均値 0.525 g/cm^3 と比較すると, 今回供試したカリビアマツの造林木の代表値(平均値)は中庸の値を示しているといえる。

半径方向, 接線方向および軸方向についての飽水から全乾までの収縮率の平均値(35本)はそれぞれ 3.39% ($2.16 \sim 5.17\%$), 6.23% ($4.33 \sim 8.04\%$), 0.35% ($0.17 \sim 0.67\%$) であった。また, 半径方向と接線方向の収縮率の出現頻度分布は Fig. 3~4 に示すとおりである。

2-2 容積密度数および収縮率の丸太内水平分布

容積密度数および接線, 半径方向収縮率の丸太内水平分布を Fig. 5, 6 に示す。

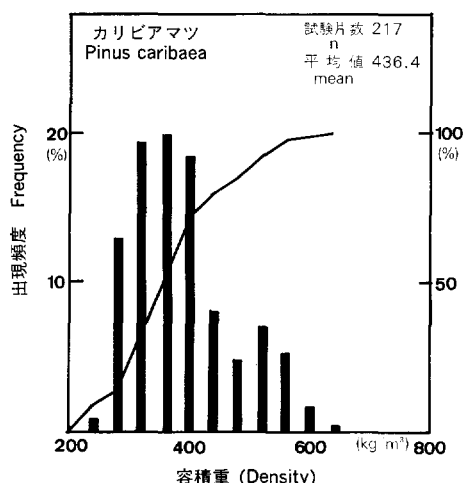


Fig. 2. 容積重の出現頻度
Histogram of basic density.

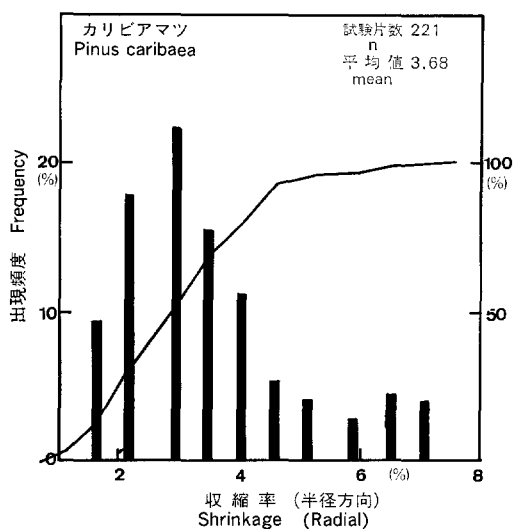


Fig. 3. 半径方向における生材から全乾までの出現頻度
Frequency of tangential shrinkage from green to oven-dry condition.

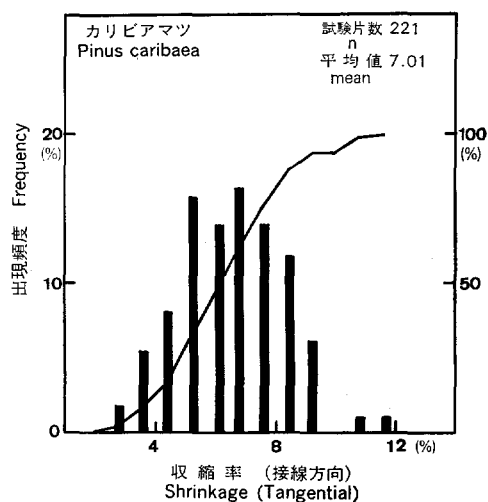


Fig. 4. 接線方向における生材から全乾までの収縮率の出現頻度
Frequency of tangential shrinkage from green to oven-dry condition.

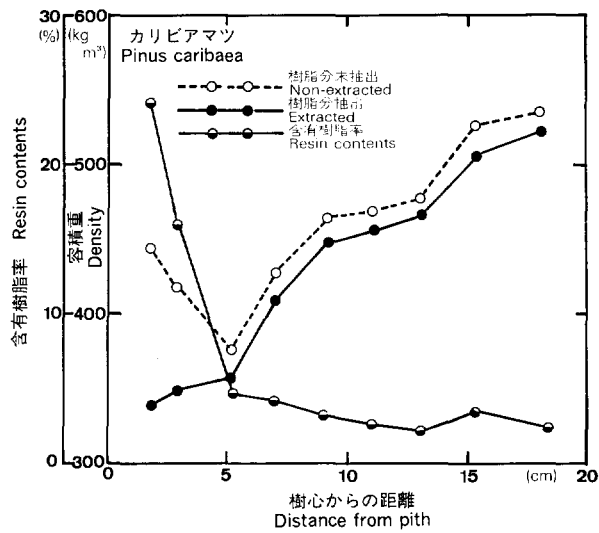


Fig. 5. 脱脂, 未脱脂試料における容積重の変動
Variation of basic density before and after extraction of resin.

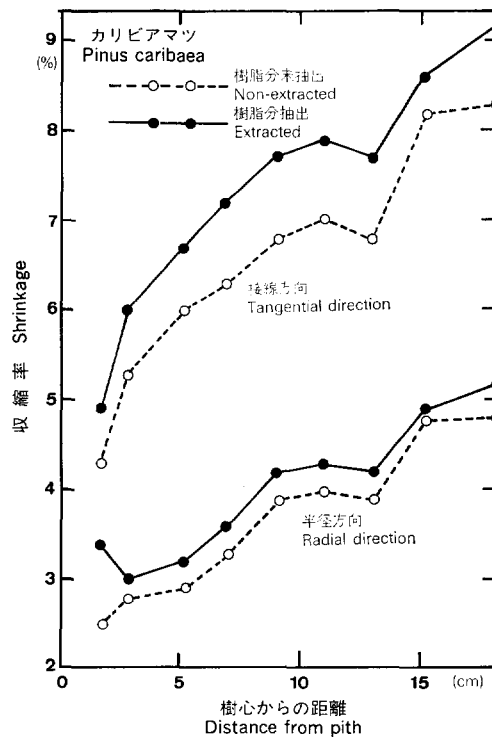


Fig. 6. 半径方向における収縮率の変動
(生材から全乾)
Variation of shrinkage from pith
(green to oven-dry condition).

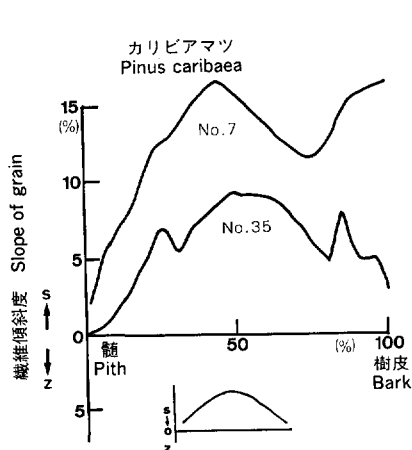


Fig. 7. 繊維傾斜度の出現型
Spirality patterns.

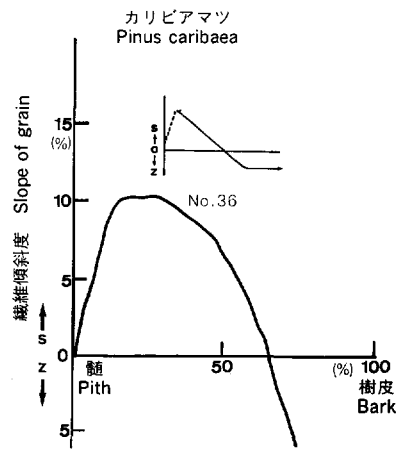


Fig. 8. 繊維傾斜度の出現型
Spirality patterns.

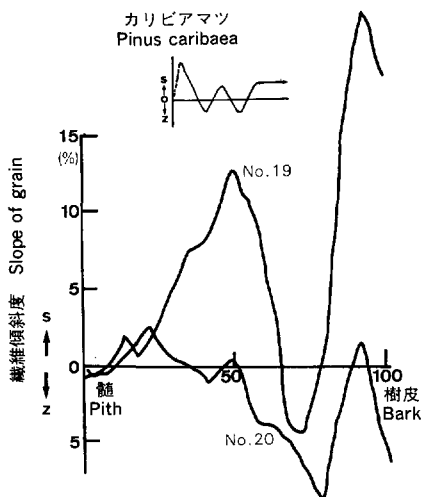


Fig. 9. 繊維傾斜度の出現型
Spirality patterns.

これによると容積密度数の丸太内水平分布は、樹心から周辺部に向かって、増加する傾向を示している。これを樹心からの距離でみると、17~18 cm までの値の増加は急激である。

今回の供試木の丸太径は最大で 42 cm であることからみて、未成熟材から成熟材への移行部分にあたるともいえる。

Fig. 5 には抽出後の容積密度数の丸太内水平分布を併示したが、これによると、樹脂分は丸太の中心部から 6~7 cm 迄の範囲に多く、特に髄の付近では 14~16% の樹脂分が含まれていることがわかる。

2-3 繊維傾斜度の幹のなかの分布

幹のなかの繊維の傾斜は丸太間で変動のパター

ンがかなり不規則であるだけでなく、一本の丸太内の方位によってもかなり広い変動幅をもっている。

今回の供試丸太 35 本のうち、約 90% のものが髄を中心として繊維の傾斜は S 傾斜から始まる (Fig. 7, 8, 9)。また、最大値が半径の約 30~40% 出現する丸太がほとんどであるが、ときに、最大値が現れる位置が樹皮に近い丸太も存在する。繊維傾斜は 8.6%~38% の範囲で全体の平均値は 15% である。これらの値はアカマツ (4.7%~17.1%, 平均値 9.4%) と比較するとかなり大きい。S 傾斜からはじまり、そのあと Z 傾斜に変化する丸太も多く認められ、その位置は半径方向の 60% ぐらいのところであることが多い (Fig. 8~9)。

HUGHES¹¹⁾ はカリビアマツ繊維傾斜を調べ、その範囲として 0.6°~13° (2%~40%) を得ている。また、COWN¹²⁾ は 180 個体について繊維傾斜を調査し、79% の個体が左傾斜 (S) から始まること、5° を越えるものが 28%, さらに 10° を越えるものが 3% あると述べている。今回の試験結果からフィージー

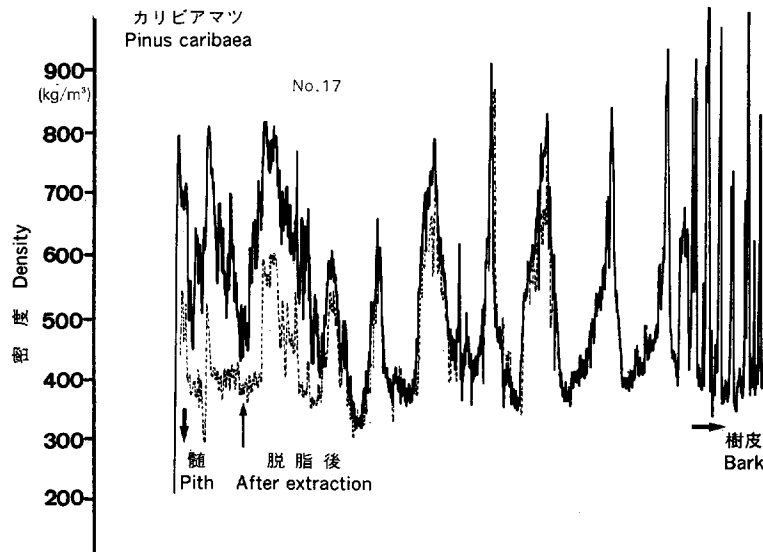


Fig. 10. X線デンストメトリーによる年輪内密度分布
Radial density variation from X-ray densitometry.

産のカリビアマツの繊維傾斜の分布範囲，パターンともに従来の報告とはほぼ同様であるといえる。ただし，その変動の状態，さらに同一個体内でもその方位，地上高による差異が非常に大きい。このことは部位によって，繊維傾斜が非常に小さく，変動も少ない結果が得られたとしても，その個体全体の性質を代表しているとはいいがたいともいえるので，育種，選抜を行う場合には，その代表値の測定位置およびその表現方法などについてさらに検討することが必要である。

2-4 密度の年輪内変動

熱帯産のカリビアマツは，多くの熱帯産樹木にみられるように早材と晩材，また生長輪界を区別することが困難なことが多い。このことは組織の均質性に富み，かつ塗装等の加工的性質からみれば，有利であるとされている。均質であるとみなされている要因の一つとしては，生長期間を通じて，無数に出現する偽年輪のために，早材と晩材の区分で不明確であることがあげられる。

フィージー産カリビアマツについて，ソフトX線による年輪構造解析結果の1例を Fig. 10 に示す。

これによると，特に樹幹の中心部に形成される部分の生長輪内の密度変動は少なく，年輪界（生長輪界）も極めて不明瞭で，その範囲は幹の中心部から6～10 cm ぐらいであるといえる。これより外周に形成される部分では，年輪界が，中心部付近のものにくらべるとはるかに明瞭になる。生長輪の幅は髓付近で大きく，髓から第5生長輪位までの間では35 mm に達するものがある。供試木の平均年輪幅の範囲は5.2～13.1 mm で，平均値は8.8 mm である。髓から10生長輪目以降は5～7 mm の範囲になる丸太が多くなる。さらに偽年輪状の層が出現することが多くなる。年輪構造解析結果から，このカリビアマツの生長のサイクルは15～16期（年）であるといえよう。

太田 貞 明

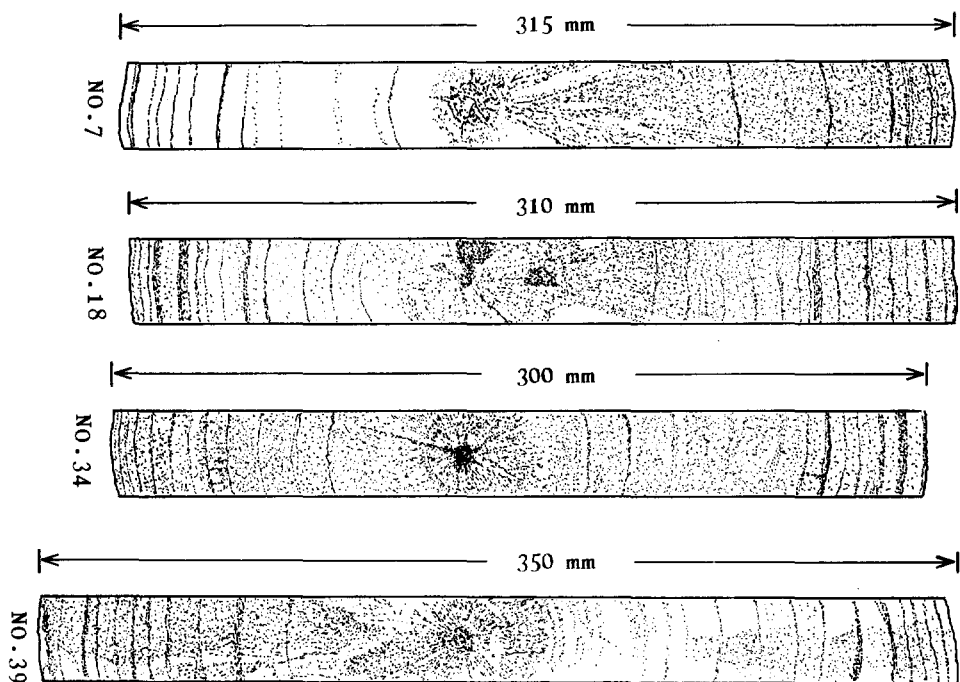


Fig. 11. 木 口 面 試 片
Specimens for water absorption through cross section.

Table 4. 吸 水 量
Water absorption

試験材番号 Sample log No.	気乾比重 Specific gravity at air dry	含 水 率 Moisture content	吸 水 量 (辺 材) Water absorption (mg/cm ² ·day)		
			木 口 面 Cross section	板 目 面 Tang. section	柁 目 面 Rad. section
7	(13)*1	(13)	(7)	(3)	(3)
	0.49	13.0	3,559	693	415
	0.36~0.66*2	12.5~13.7	993~5,181	482~809	329~518
18	(12)	(12)	(6)	(3)	(3)
	0.50	12.9	1,538	579	169
	0.39~0.63	12.40~13.8	906~3,725	290~879	89~301
34	(12)	(12)	(6)	(3)	(3)
	0.50	12.7	1,485	167	114
	0.42~0.63	11.6~13.6	557~2,576	133~187	91~160
39	(13)	(13)	(8)	(3)	(2)
	0.49	13.0	2,486	617	510
	0.41~0.59	12.6~13.7	498~5,083	250~895	75~945
平 均 Mean	(50) 0.50	(50) 12.9	(27) 2,267	(12) 514	(11) 302

*1: 試 片 数 Number of specimens.

*2: 最大, 最小 Maximum and Minimum.

IV 吸水性および吸水量

1. 吸 水 性

1-1 吸水量の半径方向の変動

同一原木の中の部位による吸水性の違いは、木材の加工利用上、および吸水特性の解明の点からも有用な情報なので、それぞれの個体について半径方向に沿った吸水量の変動を測定した。なお、吸水性という場合、木口面、板目面、柾目面の内、木口面からの吸水が最も大きいので、以後、木口面の吸水挙動で吸水性を代表させることにする。

1) 試験方法

試験方法は既報¹⁸⁾の内容に準拠したが、試験片の軸方向の長さを 11 mm から 15 mm に変更した点だけ多少異なっている (Fig. 11)。

2) 試験結果と考察

Fig. 12 に各供試木の木口面の半径に沿った 3 時間の吸水量 (ΔW : g/cm²) の変動を示す。

Fig. 12 の左の縦軸は吸水量、右の縦軸は気乾比重 r_a (平均気乾含水率 13% における) を示し、横軸は Fig. 11 に示すような木口面の直径に沿った相対長を表わしている。図中の垂直の線は髓の位置を示す。

Fig. 11 から分るように、供試したカリビアマツは心・辺材の境界が不明瞭で、辺材が広い。しかし半径に沿った吸水量は心・辺材の境界をはっきり示している。そして、辺材域の吸水量は既報¹⁸⁾のパプアニューギニア材（広葉樹材）のそれらと比べてきわめて大きい。しかし、一般に針葉樹材の吸水量、とくに辺材のそれが大きい、という傾向からみてカリビアマツのそれがとくに不自然な数値とは言えない。

供試木の No. 34 は、他の 3 個体と比べて吸水量が若干少な目である。しかし、そのことは木口面上の青変菌による被害が一面に見られたにもかかわらず、その被害の程度が軽微であったことと関連しているものと思われる。

2. 吸 水 量

2-1 試験方法

試料は各供試木の樹心から半径方向に沿って連続的に採取したが、心材部分はそれから省いた。

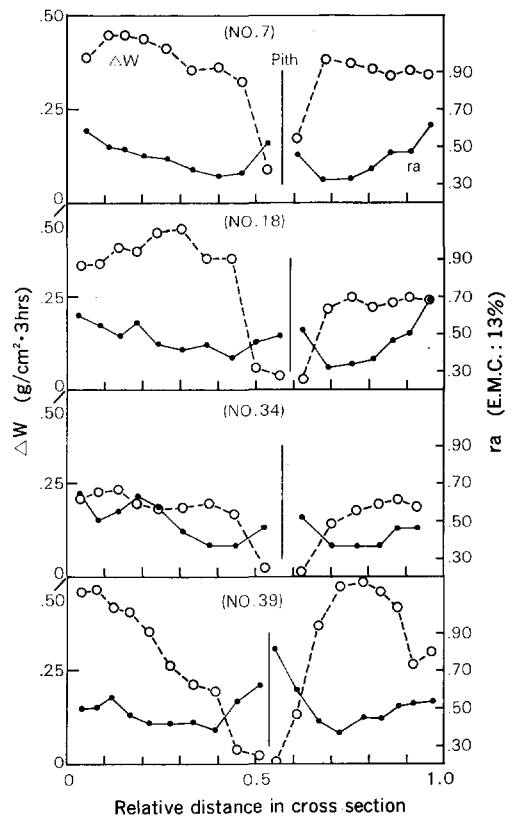


Fig. 12. 木口面直径に沿った吸水量の変動パターン

(ΔW : 吸水量, r_a : 気乾比重)

Patterns of water absorption amount in cross section (ΔW : water absorption amount, r_a : specific gravity at air dry).

なお、試験片の大きさに関して、試料の都合上、繊維方向の吸水の場合、繊維方向を JIS の 100 mm より 10 mm 短い 90 mm、横断方向の吸水の場合、繊維方向は 60 mm の吸水試験片とした。その他は JIS Z 2104 の内容に準拠した。

2-2 試験結果と考察

Table 4 に示すように、試験片によって吸水量の最小値と最大値の間に極端な差異がみられた。吸水量自体も日本産樹種で最大であったクロマツのそれら（辺材木口面：1,944、板目面：153、柁目面：99 mg/cm²·day)¹⁴⁾ に比べて大幅に大きい。多分に青変菌による細胞壁の破壊がそれに関与していた可能性もあるが、青変菌未被害部分でも非常に大きい吸水量を示す場合があり、壁孔での通導性の有無が最も大

Table 5. 平 角 実 大 材
Results of full size

はりせい Depth of beam (cm)	試験体番号 Specimen No.	気乾比重 Specific gravity at air dry	平均年輪幅 Growth ring width (mm)	含 水 率 Moisture content (%)	節 径 比			
					単 独 節			
					Single knot			
					狭 い 面 Narrow face	広 い 面 Wide face	狭 い 面 Narrow face	広 い 面 Wide face
					中央 1/3 区間 Center 1/3 area (%)	両端 1/3 区間 Ends 1/3 area (%)	中央 1/3 区間 Center 1/3 area (%)	両端 1/3 区間 Ends 1/3 area (%)
18	5	0.55	7.6	15.3	9.2	13.4	14.0	11.2
	8	0.54	10.4	15.8	13.4	25.2	12.2	10.5
	10	0.48	—	15.5	0	15.9	8.4	15.6
	11	0.55	11.7	15.0	13.7	15.4	16.9	14.6
	13	0.51	8.5	15.5	0	11.8	14.0	15.7
	21	0.47	9.0	15.5	0	20.3	12.8	10.6
	23	0.55	7.5	15.1	25.7	15.9	21.9	16.9
	26	0.50	—	15.6	0	21.1	16.3	16.8
21	3	0.64	8.3	15.8	0	18.7	12.6	12.6
	14	0.54	8.3	15.9	11.0	14.4	9.1	14.4
	15	0.63	—	16.4	9.4	11.9	6.7	12.0
	17	0.59	6.9	15.8	0	28.8	14.5	27.9
	25	0.48	11.6	14.8	33.9	28.8	21.0	20.0
24	16	0.44	10.3	15.3	0	0	10.4	11.2
	19	0.46	7.8	16.2	0	18.5	0	14.6
	31	0.48	11.1	16.2	0	0	7.2	11.4
	33	0.57	15.8	15.7	11.1	13.6	6.7	12.1
	35	0.51	4.0	16.1	10.9	9.2	6.7	15.5
27	22	0.66	9.8	16.4	0	0	0	0
	30	0.57	11.4	17.0	10.1	9.3	7.5	8.9
	32	0.62	7.3	16.2	0	0	13.1	13.1
all over	Mean	0.54	9.3	15.8	7.1	13.9	11.0	13.6
	S. D.	0.063	2.6	0.53	9.4	8.8	5.7	5.1
	C. V.	11.6	27.8	3.4	133	63.1	51.9	37.8

Mean : 平均値 Mean value

S. D. : 標準偏差 Standard deviation

C. V. : 変動係数 Coefficient of variation (%)

きい因子となっているのであろう。

結論として、カリビアマツは吸水性の最も大きい樹種の内の一つと言える。

葉 石 猛 夫

V 強 度 的 性 質

カリビアマツの構造材としての強度性能を把握するために、平角による実大材の曲げ試験と、無欠点小試験体による曲げ試験を行った。また、丸太内での強度的性質の分布を知るために、無欠点小試験体による曲げ試験を行った。

の 曲 げ 試 験 結 果
bending test.

Ratio of knot size to the face width				曲げヤング係数 Modulus of Elasticity		比例限度 Stress at proportional σ_p (kgf/cm ²)	曲げ破壊係数 Modulus of rupture σ_m (kgf/cm ²)	比 Ratio σ_p/σ_m (—)	仮想歪 Strain σ_m/E_L (%)
集中節 Knots in group within 15cm									
狭い面 Narrow face		広い面 Wide face		EI (10 ³ kgf/cm ²)	EL (10 ³ kgf/cm ²)	σ_p (kgf/cm ²)	σ_m (kgf/cm ²)	σ_p/σ_m (—)	σ_m/E_L (%)
中央1/3区間 Center 1/3 area (%)	両端1/3区間 Ends 1/3 area (%)	中央1/3区間 Center 1/3 area (%)	両端1/3区間 Ends 1/3 area (%)						
9.2	13.4	14.0	11.2	105.8	91.0	284	432	0.66	0.47
20.1	33.5	20.5	10.5	69.1	69.9	178	370	0.48	0.53
0	15.9	10.6	28.4	59.3	56.6	256	364	0.70	0.64
28.3	15.4	27.0	27.0	121.3	110.5	380	480	0.79	0.43
0	11.8	14.0	23.6	98.4	87.5	262	398	0.66	0.46
0	20.3	12.8	13.9	101.9	96.4	338	505	0.67	0.52
25.7	15.9	21.9	14.1	107.7	98.9	305	318	0.96	0.32
0	21.1	16.3	16.8	84.8	81.6	286	539	0.53	0.66
0	18.7	12.6	12.6	156.3	138.9	356	605	0.59	0.44
11.0	14.4	14.4	22.0	90.0	84.2	232	443	0.52	0.53
17.0	11.9	14.9	21.1	82.8	75.8	310	518	0.60	0.68
0	28.8	16.3	27.9	141.9	132.0	389	457	0.85	0.35
33.9	28.8	21.0	20.0	63.5	65.7	167	194	0.86	0.30
0	0	10.4	19.1	58.0	57.5	212	373	0.57	0.65
0	18.5	0	14.6	101.8	97.1	252	369	0.68	0.38
0	0	7.2	22.8	75.5	64.3	282	528	0.53	0.82
11.1	13.6	6.7	18.8	78.7	69.2	256	378	0.68	0.55
10.9	9.2	6.7	24.7	86.2	83.4	262	376	0.70	0.45
0	0	0	0	—	134.0	275	398	0.69	0.30
10.1	9.3	14.9	10.4	56.8	57.8	185	368	0.50	0.64
0	0	13.9	57.4	125.1	109.8	335	527	0.64	0.48
8.4	14.3	13.1	19.9	93.2	88.7	276	426	0.66	0.50
10.9	9.5	6.7	11.1	27.8	25.2	62.1	92.9	0.13	0.14
129	66.4	50.8	55.8	29.8	28.4	22.5	21.8	19.1	27.6

1. 試験材と試験方法

1-1 試験材

平角を製材するに際しては、丸太の直径に応じて、はりせいを 18 cm, 21 cm, 24 cm, 27 cm の 4 種類とし、それぞれ 8, 5, 5, 3 体、合計 21 体を得た。材の幅は 12 cm と一定にし材長は 4 m で、いずれも心持ち材であった。天然乾燥によって、十分気乾状態に達した後、試験に供した。

無欠点小試験体の曲げ試験体は、JIS Z 2113 に準拠し、一辺の長さを 25 mm にとった。これらの試験体は、平角材の実大曲げ試験終了後、非破壊部分より、実大材 1 体あたり 6 体を木取った。このとき、材縁部から試験体を採取するよう留意した。

丸太内での曲げ強度の分布を知るために、末口径が平均で、25 cm, 29 cm, 37 cm の丸太を各 1 体ずつ計 3 体選び、試験体の中心部と髄との距離、髄から年輪の数を記録して、一辺が 25 mm の無欠点小試験体の曲げ試験体を木取った。

1-2 試験方法

平角の実大曲げ試験に入る前に、材面の節径比を測定した。このとき、節径比測定区域として材軸方向の中央 1/3 区間と、両端 1/3 区間、広い面、狭い面に分け、さらに、単独で最大の節径比を示すものと、材軸方向 15 cm 区間に含まれる最大の集中節径比を記録した。なお、中央 1/3 区間は、実大曲げ試験時のモーメント一定区間にあたる。

実大曲げ試験は、支点間距離を 360 cm にとった三等分点荷重方式を採用した。たわみの測定は、支点間距離の中央と、モーメント一定区間内における標点距離 80 cm に対して行った。曲げ破壊後に、破断した箇所近傍から、約 2 cm の厚さの板を木取り、平均年輪幅、比重、含水率を測定した。

無欠点小試験体の曲げ試験方法は、中央集中荷重方式で、支点間距離は、はりせいの 14 倍の 35 cm であった。荷重は、柃目面に負荷した。

2. 試験結果と考察

2-1 実大曲げ試験

最初に平角の実大曲げ試験結果を Table 5 に示した。同表には各試験体ごとに、気乾比重、平均年輪幅、含水率、節径比、モーメント一定区間で測定したたわみより計算した曲げヤング係数 (E_I)、支点間の中央で測定したたわみより計算したヤング係数 (E_L)、比例限度 (σ_p)、曲げ破壊係数 (σ_m)、比 σ_p/σ_m 、 σ_m/E_L で表わされる仮想歪を掲げた。気乾比重は、平均値で 0.54、最小値 0.47 から最大値 0.66 の範囲を示していた。平均年輪幅は、測定が不能な材も 3 体あったので、それらを除いて得られた結果をみると、平均値で 9.3 mm、最小値 4.0 mm から最大値 15.8 mm を示していた。含水率は、平均値で 15.8% を示し、最小値 14.8% から最大値 17.0% の範囲を示していた。節径比は、単独最大節、集中節とも、中央 1/3 区間では、狭い面でそれぞれ 7.1%, 8.4%, 広い面で 11.0%, 13.1% であった。これに対し、両端 1/3 区間では、狭い面で単独最大節が 13.9%, 集中節が 14.3%, 広い面で同じく 13.6%, 19.9% とやや大きな値になっていた。

曲げヤング係数は、 E_I , E_L とも平均値がそれぞれ $93.2 \times 10^8 \text{ kgf/cm}^2$, $88.7 \times 10^8 \text{ kgf/cm}^2$ であった。しかし、その範囲を例えば E_L でみると、 $56.6 \times 10^8 \text{ kgf/cm}^2$ から $138.9 \times 10^8 \text{ kgf/cm}^2$ と広い範囲を示しており、変動係数も、28.4% であった。

曲げ破壊係数は、平均値が 426 kgf/cm^2 で、試験体 No. 25 の値が 194 kgf/cm^2 であった他は、マツ類

の材料強度 285 kgf/cm^2 の値¹⁶⁾を上回っていた。実大材の曲げ破壊係数に対する比例限度の比は、平均値で 0.66 を示したが、範囲をみると、 $0.48 \sim 0.96$ となっており、なかには、塑性域が少なくもろいものもあったことがうかがえる。 σ_m/E_L で表わされる仮想歪の値は、平均値で 0.50% 、範囲は $0.32 \sim 0.68\%$ を示していた。

平角の曲げ破壊の支配的因子としては、節に起因するものが 21 体中 11 体認められ最も多く、入皮や目回り、繊維走向の傾斜等によるものもそれぞれ $1 \sim 2$ 体ずつあった。狭い面に節がなかった材では、水平せん断による破壊を示した例 (No. 32) も 1 体あった。また、突然破壊を生じて、破壊の支配的因子を特定できない場合も数体あった。これらの場合には、 σ_p/σ_m が $0.5 \sim 0.6$ で平均値よりやや低くかつ σ_m/E_L が平均値よりやや大きい傾向が認められ、かなり変形した後、突然破壊する傾向が認められた。目回りに起因して破壊を生じた例 (No. 30) では、目回りの周辺に多量の樹脂が存在し、材が半透明のアメ色を呈していた。この場合、前述の材料強度を十分満足しているとはいえ、曲げヤング係数が、同じはりせい 27 cm の他の試験体に比較して異常に低く、 $57.8 \times 10^8 \text{ kgf/cm}^2$ であった。使用に際しては、目回りの有無に注意を払う必要があろう。

材料強度を満足しなかった試験体 (No. 25) は、狭い面に節径比 33.9% の節が回り節の一つとして存在していたために、もろい破壊を示した。 σ_m と E_L 、 E_L との相関係数は、それぞれ 0.55^{**} 、 0.43^* で最も高い相関係数が得られたのは、 σ_m と中央 $1/3$ 区間の単独節径比との間の -0.64^{**} であった。

はりせいが曲げ破壊係数に及ぼす影響について、得られたデータの範囲内では明確な傾向を認めることはできなかった。今後、類似のデータを蓄積していく必要があろう。

2-2 無欠点小試験体の曲げ試験

平角 21 体のうち、No. 22 の試験体を除いた材の非破壊部分から、実大材 1 体について 6 体の無欠点小試験体を得て行った曲げ試験の結果の平均値を Table 6 に示した。同表には、気乾比重、曲げヤング係数 (E)、比例限度 (σ_p)、曲げ破壊係数 (σ_m)、比 σ_p/σ_m 、 σ_m/E で表わされる仮想歪を掲げた。

気乾比重の値は、脱脂処理を行っていないみかけの気乾比重で、その平均値として 0.55 が得られた。しかし、変動係数が 17.7% と大きいことが特徴的である。通常、無欠点小試験体の比重の変動係数は、 10% 程度とされているからである。このことが、 E 、 σ_m にも影響していると考えられ、それぞれの変動係数は、 34.4% 、 25.1% であった。

また、 E 、 σ_m の平均値は、それぞれ $85.1 \times 10^8 \text{ kgf/cm}^2$ 、 762 kgf/cm^2 で、国産アカマツの場合、ほぼ同じ気乾比重 0.54 に対して、 $110 \times 10^8 \text{ kgf/cm}^2$ 、 906 kgf/cm^2 の値が得られている¹⁶⁾のと比較すると、前者で 23% 、後方で 15% 低い値となっていた。

最後に、気乾比重、曲げヤング係数、比例限度、曲げ破壊係数、仮想歪について、実大材の結果と、無欠点小試験体の結果との比をとって整理し、まとめた結果を Table 7 に示した。気乾比重、曲げヤング係数 (実大材では E_L の値をとっている) とともに、20 体の平均で、ほぼ 1.0 を示した。これに対し、当然ではあるが比例限度では 0.75 、曲げ破壊係数では 0.56 、仮想歪では 0.55 と実大材の方が低い値を示した。

2-3 丸太内での曲げ強度の分布

末口の平均直径が、 25 cm 、 29 cm 、 37 cm の 3 体の丸太より、 $25 \times 25 \times 400 \text{ mm}$ の無欠点小試験体をそれぞれ 30 体、14 体、38 体、合計 82 体木取った。このとき、丸太内での位置を示すため髓からの距離

Table 6. 無欠点小試験体による曲げ試験結果
Results of bending test on small clear specimens.

	試験体番号 No. of specimen	気乾比重 S. G.	曲げヤング係数 E (10^8kgf/cm^2)	比例限度 σ_p (kgf/cm^2)	曲げ破壊係数 σ_m (kgf/cm^2)	比 σ_p/σ_m	仮想歪 σ_m/E (%)
	5	0.56	90.7	399	786	0.50	0.88
	8	0.51	63.4	329	633	0.52	1.03
	10	0.49	41.5	234	572	0.41	1.43
	11	0.58	91.3	419	870	0.48	0.99
	13	0.56	86.1	442	805	0.55	0.96
	21	0.53	100.8	420	866	0.47	0.88
	23	0.52	100.5	387	767	0.48	0.90
	26	0.50	89.4	384	728	0.54	0.81
	3	0.67	125.2	463	926	0.50	0.74
	14	0.57	77.2	371	747	0.49	0.97
	15	0.63	81.7	307	760	0.40	0.95
	17	0.64	132.0	483	944	0.52	0.75
	25	0.39	69.5	327	605	0.54	0.87
	16	0.41	66.4	309	566	0.55	0.88
	19	0.50	102.8	428	817	0.53	0.80
	31	0.56	80.6	358	826	0.44	1.03
	33	0.50	58.4	311	652	0.48	1.13
	35	0.43	81.7	378	693	0.55	0.85
	22	—	—	—	—	—	—
	30	0.55	63.2	268	666	0.40	1.07
	32	0.70	99.7	408	1,016	0.40	1.09
Over	Mean	0.55	85.1	371	762	0.49	0.95
all	S. D.	0.096	29.3	106	191	0.078	0.19
$n=120$	C. V.	17.7	34.4	28.5	25.1	16.1	20.2

S. G. : 気乾比重 Apparent specific gravity at air dry

Mean : 平均値 Mean value

S. D. : 標準偏差 Standard deviation

C. V. : 変動係数 Coefficient of variation (%)

Table 7. 実大材の無欠点小試験体に対する曲げ試験結果の比較
Ratio of some mechanical properties of full size to small clear specimens.

	気乾比重 S. G.	曲げヤング係数 E_L (10^8kgf/cm^2)	比例限度 σ_p (kgf/cm^2)	曲げ破壊係数 σ_m (kgf/cm^2)	仮想歪 σ_m/E_L (%)
Mean	0.999	1.02	0.749	0.562	0.545
S. D.	0.102	0.13	0.147	0.098	0.134
C. V.	10.2	12.7	19.6	17.4	24.6
Min.	0.89	0.80	0.51	0.32	0.35
Max.	1.19	1.36	1.09	0.74	0.82

See footnote in Table 1, 2

Table 8. 丸太内の曲げ強度の分布
 Within-log variation in small clear bending strength.

髄からの 年輪の数 Cambial age CA	試験体数 No. of specimen n	髄からの距離 Distance from pith DfP (mm)	気乾比重 Specific gravity at air dry S. G.	曲げヤング 係数 Modulus of elasticity E (10^8kgf/cm^2)	比例限度 Stress at proportional limit σ_p (kgf/cm^2)	曲げ破壊係数 Modulus of rupture σ_m (kgf/cm^2)	形質商 Specific strength $\sigma_m/\text{S. G.}$ (km)
0	3	0	—	37.5	246	412	4.7
1	5	35.8	0.38	37.2	175	391	10.5
2	7	54.6	0.53	61.6	273	549	10.9
3	8	68.1	0.48	61.2	280	582	12.2
4	8	81.5	0.49	63.1	279	599	12.4
5	5	104.4	0.56	96.1	461	806	14.4
6	16	113.3	0.52	87.0	375	722	13.9
7	6	113.7	0.50	71.2	317	660	13.3
8	10	133.1	0.58	100.3	410	782	13.4
9	1	130.0	0.63	123.9	437	840	13.3
10	5	166.0	0.63	123.8	486	903	14.4
11	4	160.3	0.61	111.7	477	836	13.8
13	1	164.0	0.63	88.6	367	658	10.5

 Table 9. 相 関 係 数 一 覧 表
 Correlation matrix.

	髄からの距離 Distance from pith DfP	気乾比重 Specific gravity in air dry condition S. G.	曲げ破壊係数 Modulus of rupture σ_m	比 例 限 度 Stress at proportional limit σ_p	曲げヤング係数 Modulus of elasticity E_L
CA	0.95**	0.73**	0.69**	0.61**	0.67**
DfP		0.77**	0.78**	0.72**	0.76**
S. G.			0.85**	0.78**	0.79**
σ_m				0.94**	0.94**
σ_p					0.92**

(DfP) と生長輪の数 (CA) とを測定した。参考のために、82 体の中には試験体の中心に髄を含むものを各 1 体ずつ、計 3 体を含んでいる。曲げ試験の結果を、CA で整理して Table 8 に示した。Table 8 では、末口平均直径 25 cm 丸太から木取ったもののうち、アテと判断された 3 体の試験体の結果を除いた。これら 3 体は、いずれも CA が 10 年で、その平均値をとると、気乾比重が 0.66 と大きく、曲げヤング係数が $44 \times 10^8 \text{ kgf/cm}^2$ と低い反面、曲げ破壊係数は 680 kgf/cm^2 であった。

これらの CA (生長輪の髄からの数、以下同じ)、DfP, SG, E , σ_p , σ_m などの形質の間の、相関係数を算出し、Table 9 に示した。いずれの相関係数も危険率 1% の水準で有意であった。Fig. 13 に、供試体の CA と DfP との関係を示した。同図から、供試体の生長の様子がうかがえよう。また Fig. 14 に、 σ_m と DfP, Fig. 15 に E と DfP との関係を示した。今回測定した範囲内では、DfP が大きくなるにしたがって、 σ_m , E とも大きくなる傾向が認められた。 σ_m を SG で除して得られた曲げの形質商と、DfP

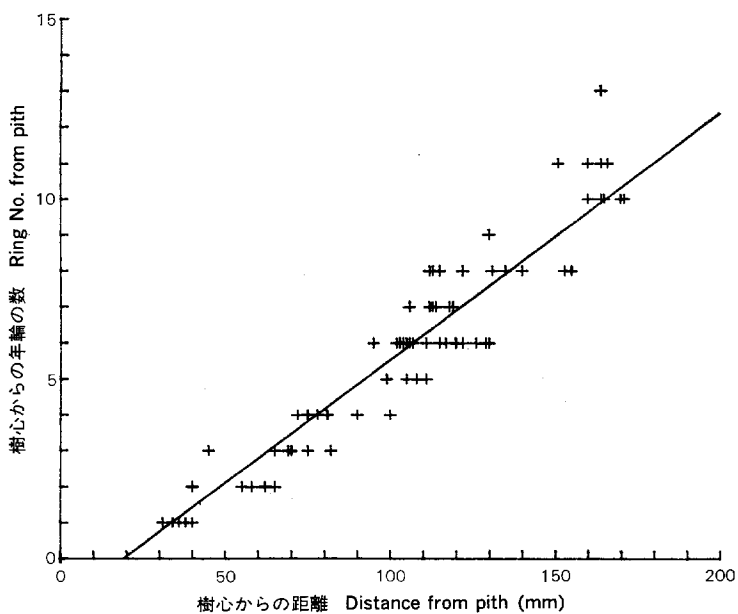


Fig. 13. CA と DfP との関係

Relationship between ring number and distance from pith.

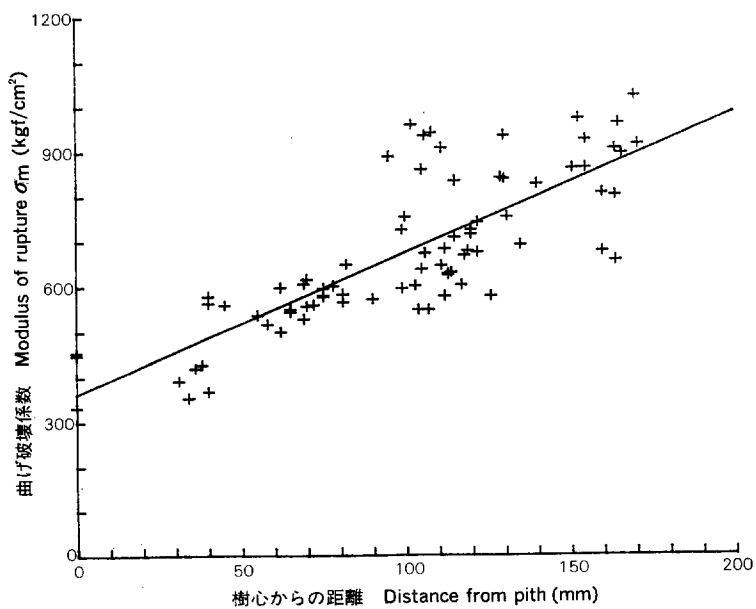


Fig. 14. σ_m と DfP との関係

Relationship between modulus of rupture and distance from pith.

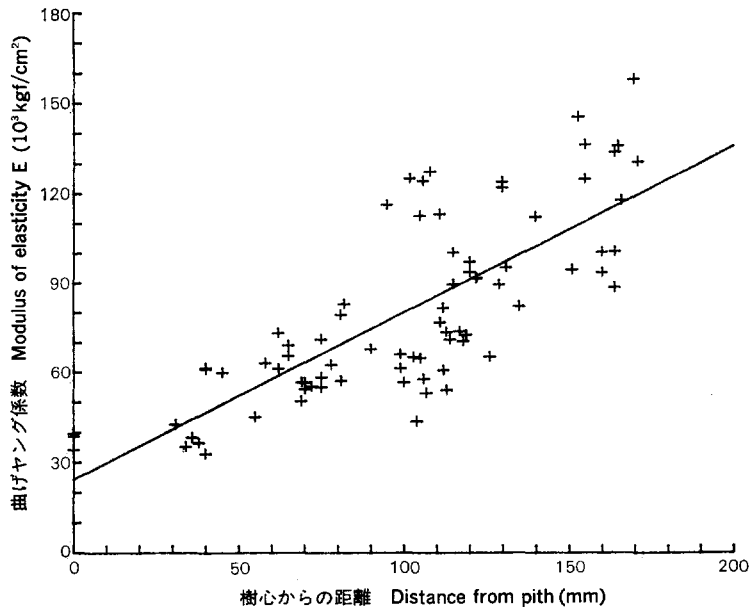


Fig. 15. E と DfP との関係

Relationship between modulus of elasticity and distance from pith.

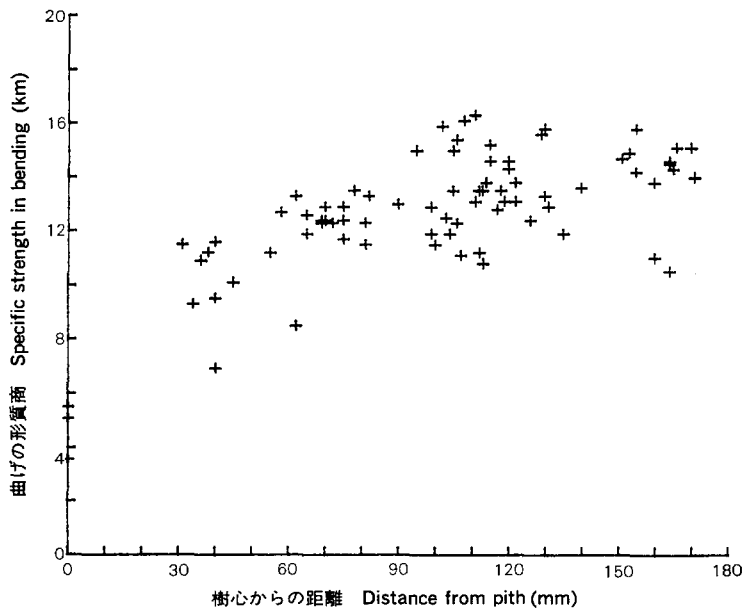


Fig. 16. 曲げの形質商と髄からの距離との関係

Relationship between specific strength in bending and distance from pith.

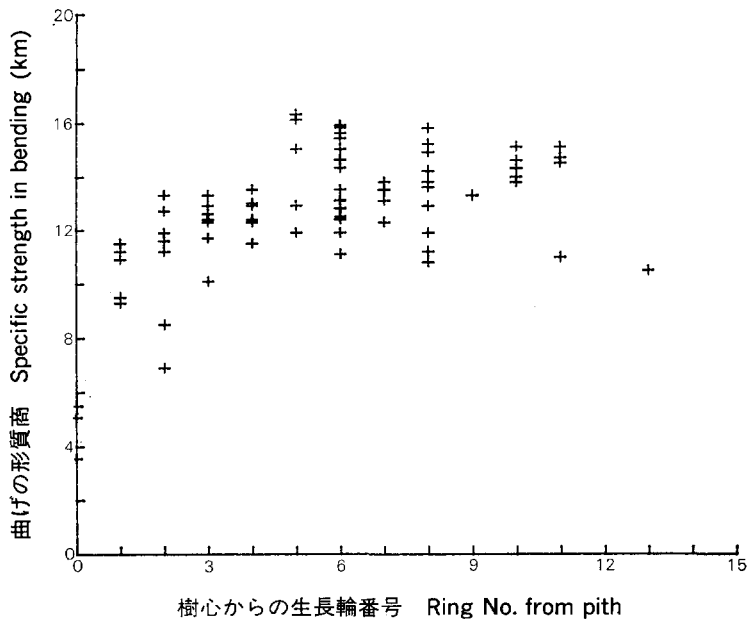


Fig. 17. 曲げの形質商と髄からの年輪の数との関係
Relationship between specific strength in bending and ring number from pith.

との関係を、また CA との関係をそれぞれ Fig. 16, 17 に示した。DfP では約 100 mm, CA では第 5 生長輪付近より、形質商がほぼ一定となっていることが明らかである。

中 井 孝

VI ひき材の乾燥性

ひき材の乾燥試験、急速乾燥試験およびスケジュール乾燥試験を行い、乾燥スケジュールを提案する。

1. 試験材と試験方法

1-1 試験材

この試験で用いた試験材は、1 個体の原木から得たものである。

a) 乾燥性試験

試験材寸法は厚さ 2 cm×幅 10 cm×長さ 30 cm で、まさ目木取り材、板目木取り材おのおの 4 枚を供試した。これら試験材の両側面および両木口は銀ニスでコーティングした。

b) 急速乾燥試験

試験材寸法は厚さ 2 cm×幅 10 cm×長さ 20 cm で、すべて板目木取り材である。この実験では側面および木口をコーティングしないものを 3 枚供試した。

c) スケジュール乾燥試験

試験材の寸法は厚さ 2.7 cm×幅 20 cm×長さ 60 cm で、まさ目木取り材、板目木取り材とも乾燥条件当たり、原則として各 4 枚とした。ただし、スケジュール条件 No. 2 の実験では、原木の事情でまさ目材は 1 枚しか供試できなかった。

1-1 試験項目および試験方法の概要

ここで行った試験は、次の3項目である。

a) 乾燥性試験

乾球温度 60°C, 乾湿球温度差 25°C の一定条件下で乾燥し、乾燥末期の乾燥速度を検討する。次式によって求められた乾燥速度係数 k は、樹種別の乾燥速度の特性を示す。

$$(u - u_e) = (u_a - u_e)e^{-kt} \quad \dots\dots\dots (1)$$

ここに、 u_a : 乾燥末期のはじめの含水率 (%), u : t 時間経過後の含水率 (%), u_e : 乾燥末期の平衡含水率 (%)。

(1) 式は、さらに次のように書き換えることができる。すなわち、

$$\left| \frac{du}{dt} \right| = k(u - u_e) \quad \dots\dots\dots (2)$$

ここに、 du/dt : 乾燥末期の乾燥速度 (%/hr), k : 乾燥速度係数 (1/hr)。

この場合の室内の材間風速は約 1 m/sec. である。

b) 急速乾燥試験（略称：100°C テスト）

乾球温度 100~105°C に調整した恒温乾燥器中で乾燥し、試験材に現われる割れ、落ち込み（断面変形）および内部割れの3種類の損傷の程度から、板材の適正な乾燥スケジュール条件を推定するものである。この試験法は寺沢によって考案されたもので¹⁰⁾、ほぼ確立された方法と考えられている。

c) スケジュール乾燥試験

b) の急速乾燥試験の結果に基づいて推定したスケジュール条件 (No. 1 条件, Table 10) と、比較のために、材質を考慮して No. 10 よりやや高い温度のスケジュール条件 (No. 2 条件, Table 11) の2種類で試験し、双方の測定結果を比較検討するものである。

材間風速は約 1.5 m/sec. とした。

2. 試験結果と考察

2-1 乾燥性試験

この試験では、含水率 15~10% 時点の乾燥速度、および速度の指標である乾燥速度係数 k を求めた。

Table 10. 乾燥スケジュール条件 (A)*
Drying schedule condition (A)*

含水率 M. C. (%)	乾球温度 Dry bulb temperature (°C)	乾湿球温度差 Wet bulb depression (°C)
生 ~ 60	60	4
60 ~ 50	60	6
50 ~ 40	65	6
40 ~ 30	70	10
30 ~ 20	75	15
20 ~	85	30

* このスケジュールは、急速乾燥試験の結果から推定したものである。
This drying schedule was estimated from quick drying test.

Table 11. 乾燥スケジュール条件 (B)*
Drying schedule condition (B)*

含水率 M. C. (%)	乾球温度 Dry bulb temperature (°C)	乾湿球温度差 Wet bulb depression (°C)
生 ~ 60	70	5
60 ~ 50	70	8
50 ~ 40	75	8
40 ~ 30	80	13
30 ~ 20	85	20
20 ~	90	30

* このスケジュールはスケジュールAの結果と比較するためのものである。
This drying schedule was applied in order to compare with "schedule A".

Table 12. 温度 60°C の乾燥性試験結果
Drying rate and coefficient based on drying rate test at 60°C.

記 号 Mark	木 取 り Sawing pattern	初期含水率 Initial M. C. (%)	全 乾 比 重 Specific gravity at oven dry	含水率10%における At 10% moisture content;	
				乾 燥 速 度 Drying rate (%/hr)	乾燥速度係数 k Drying rate coefficient k (1/hr)
R-1	ま さ 目 Edge-grain	158.9	0.45	0.48	11.0×10^{-2}
R-2		128.8	0.52	0.32	8.7
R-3		109.3	0.55	0.32	7.9
R-4		72.3	0.50	0.36	8.4
Mean		117.3	0.51	0.37	9.0
T-1	板 目 Flat-grain	49.3	0.48	0.59	12.4×10^{-2}
T-2		81.0	0.43	0.82	15.9
T-3		92.4	0.50	0.57	14.4
T-4		107.5	0.47	0.63	15.2
Mean		82.6	0.47	0.65	14.5

Table 13. 急速乾燥試験結果と推定乾燥条件
Results of quick drying test and estimated drying condition.

記 号 Mark	初期含水率 Initial M. C. (%)	欠 点 の 程 度* Grading of defects			含水率1% までの乾燥 時間 Drying time to 1% M. C. (hr)	推 定 さ れ た 条 件 Estimated condition		
		初期割れ Initial checking	断面変形 Deforma- tion	内部割れ Honey- comb		初期乾球 温 度 Initial D. B. T. (°C)	初期乾湿球 温 度 差 Initial W. B. D. (°C)	末期乾球 温 度 Final D. B. T. (°C)
C-1	118.6	No. 2	No. 1	No. 1	13.2	60	5.0	90
C-2	150.5	No. 1	No. 1	No. 1	11.0	70	7.0	95
C-3	127.9	No. 3	No. 1	No. 1	12.2	55	3.0	80

* : 5段階評価法による¹⁾。番号が大きいものほど欠点が顕著であることを表わす。

Evaluated by 5-step-grading¹⁾. No. 1 means "None or Negligible", No. 3 means "Moderate", and (No. 5 means "Severe").

これらの測定結果と供試材の初期含水率、比重などを一括して Table 12 に示す。含水率10%時点の乾燥速度または乾燥速度係数は、試験材によって若干のばらつきはあるが、おおむねまさ目木取り材よりも板目木取り材の方が大きい。いま、乾燥速度係数についてまさ目材と板目材との比率を求めると、1:1.6となる。一般に、針葉樹材においてはまさ目材と板目材との速度比率は1.0に近いものが多く、比率が1.5より大きい針葉樹材としてはアガチスなどごく限られた材にしか見られない¹⁷⁾。

なお、Table 12 の試験材のばらつき方については、初期含水率が高いものほど乾燥速度や速度係数が大きいようにも見受けられるが、偶然このような結果になったものに過ぎず、経験上、初期含水率の高低と10%のような低い含水率での乾燥速度との間に明瞭な相関関係があるとは考え難い。

2-2 急速乾燥試験

急速乾燥試験で現われた初期割れ、断面変形および内部割れなどの各欠点を5段階で評価し、これに基

づいて推定した乾燥条件を Table 13 に示す。

この結果を見るとカリビアマツ材は、中には初期割れがやや発生しやすいものも含まれていること、落ち込み変形や内部割れなどの危険性についてはほとんど問題がないことなどがわかる。このような判断を加えた実験結果から、厚さ 2.5~3.0 cm の板材に対する適正なスケジュール乾燥条件としては、さきに示した Table 10 程度のものが考えられる。

本実験によれば、ここで供試したカリビアマツは、日本産のモミ（比重の高いもの）、ツガ、カラマツなどに近い乾燥上の性質を持っており、また米材のダグラスファーにも似た性質と考えられるが¹⁷⁾、乾燥速度はこれらの材よりもやや大きい（乾燥が速い）と推定される。

2-3 スケジュール乾燥試験

乾燥スケジュール A (Table 10) による乾燥経過図を Fig. 18 に示した。また、乾燥終了材の各種測定結果を Table 14 に示す。Fig. 18 の乾燥経過をみると、まさ目材、板目材とも、水分の移動性がきわめて良好であることがうかがえる。しかし、さきの乾燥性試験で見たような、低含水率域でのまさ目材と板目材の大幅な乾燥速度の違いは認め難い。また、初期含水率が高い材でも（120% 程度）約 35 時間経過した時点では、初期含水率の低い材とはほぼ同程度の含水率に達している。乾燥時間については、生材から含水率 10% までおよび含水率 50% から 10% までの所要時間が Table 14 に示されている。ここで特

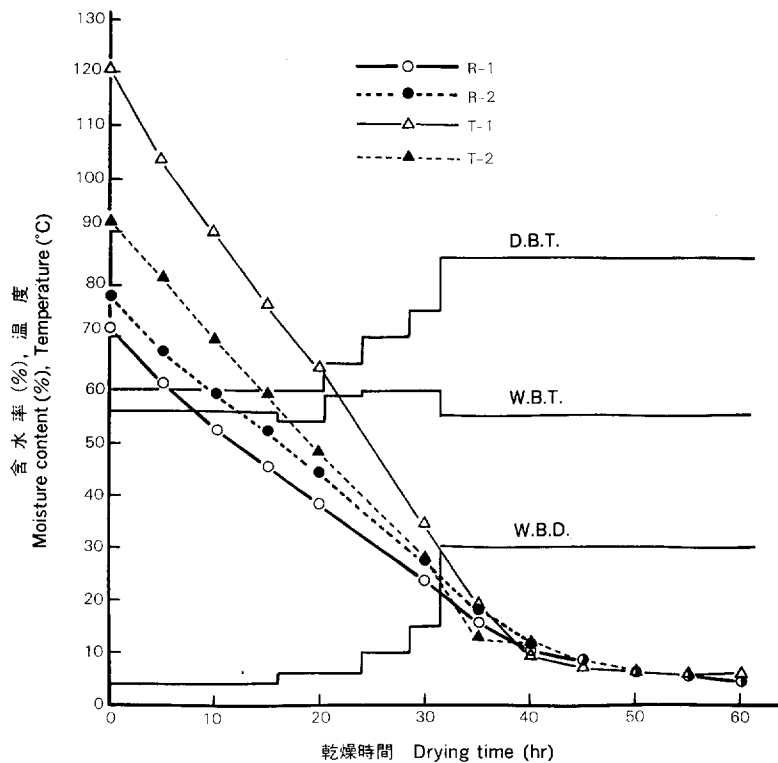


Fig. 18. カリビアマツの乾燥経過（スケジュール A）
Drying process of 2.7 cm thick board (Schedule A).

Table 14. 乾燥スケジュール (A) の乾燥における測定結果
Drying time, defects and shrinkage of 2.7 cm thick board by drying schedule (A) condition.

記 号 Mark	木 取 り Sawing pattern	初 期 含水率 Initial M. C. (%)	乾 燥 時 間 Drying time (hr)		損 傷 Drying defects				全乾収縮率 Shrinkage at oven dry (%)	
			Green-10 (%)	50-10 (%)	初期割れ Initial checking	カップ Cup (mm)	落ち込み Collapse	ねじれ Twist (mm)	幅方向 Width	厚さ方向 Thick-ness
R-1	まさ目 Edge-grain	67.3	42	30	な し None	1.8	な し None	10	2.29	7.44
R-2	"	73.2	43	26	"	3.1	"	14	2.29	7.54
T-1	板 目 Flat-grain	117.5	42	18	"	2.8	"	9	3.79	1.89
T-2	"	88.5	43	24	"	2.9	"	5	4.53	2.55

注: 1) カップは幅 20cm の材に対する値。
Notes: Cup was measured in width of 20cm.
2) ねじれは長さ 60cm, 幅 20cm の材に対する値。
Twist was measured in length of 60cm and width of 20cm.

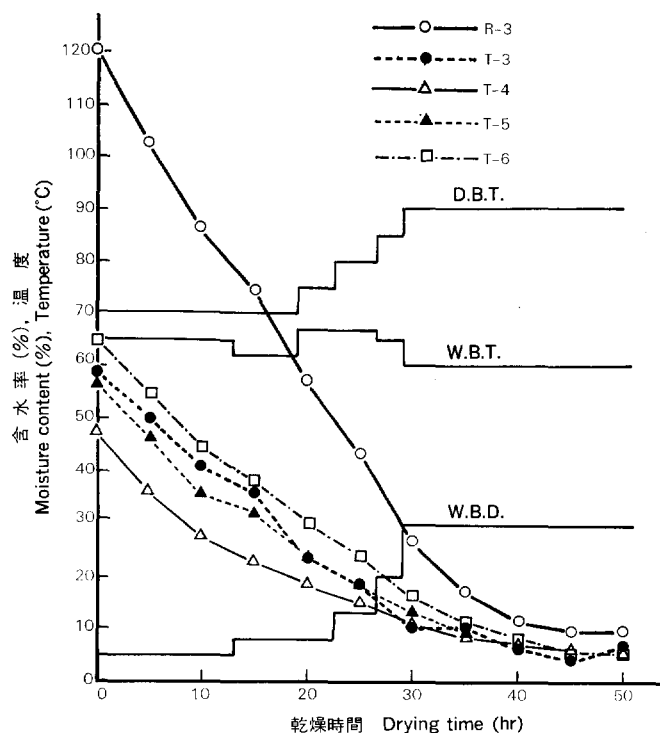


Fig. 19. カリビアマツの乾燥経過 (スケジュールB)
Drying process of 2.7 cm thick board (Schedule B).

Table 15. 乾燥スケジュール（B）の乾燥における測定結果

Drying time, defects and shrinkage of 2.7 cm thick board by drying schedule (B) condition.

記 号 Mark	木 取 り Sawing pattern	初 期 含水率 Initial M. C. (%)	乾 燥 時 間 Drying time (hr)		損 傷 Drying defects				全乾収縮率 Shrinkage to oven dry (%)	
			Green- 10 (%)	50-10 (%)	初期割れ Initial checking	カップ Cup (mm)	落ち込み Collapse	ねじれ Twist (mm)	幅方向 Width	厚さ方向 Thick- ness
R-3	まさ目 Edge-grain	120.8	43	21	な し None	3.0	な し None	9	3.92	7.71
T-3	板 目 Flat-grain	59.0	34	28	な し None	2.1	軽 微 Slight	7	3.97	2.18
T-4	"	48.2	33	—	"	0.5	"	3	3.63	1.88
T-5	"	56.8	35	32	"	1.2	"	1	4.50	1.96
T-6	"	64.4	36	28	"	1.8	"	4	4.23	1.59

注：1) カップは幅 20cm の材に対する値。
Notes: Cup was measured in width of 20cm.
2) ねじれは長さ 60cm, 幅 20cm の材に対する値。
Twist was measured in length of 60cm and width of 20cm.

定の含水率範囲の所要乾燥時間は、木取り方よりも初期含水率の影響が大きいことがわかる。これらのことから、この材は水分の移動性は良好であると判断できる。

乾燥中の損傷のうち、初期の割れは全く発生しなかったが、幅ぞり（カップ）やねじれなどの狂いは意外に大きい、落ち込みについては、この程度の乾燥条件ならば問題はないようである。

乾燥スケジュールAの実験結果をみると、この条件は温度、湿度ともにやや弱めであったと判断されたため、これによりやや強めのスケジュール

Bについても実験した。この場合の乾燥経過図を Fig. 19 に、また、各種の測定結果を Table 15 に示した。

乾燥経過についてはさきのスケジュールAと特に異なるところはないようである。しかし、Table 15 の損傷のうち、厚さ方向の追まさになった部分にやや落ち込みが認められたことから、初期の乾球温度がやや強めであったと考えられる。

これらの実験結果を総合的に勘案して、この材（カリビアマツ 2.7 cm 厚材）に適當と考えられる乾燥スケジュールを示せば、Table 16 のようになろう。また、生材から含水率 10%まで乾燥するに要する日数は、2 日程度と考えてよい。結局、ここで供試したカリビアマツ材は、針葉樹材の中でも問題が少なく、乾燥が比較的容易な材であったと見なされる。

鷺 見 博 史

Table 16. カリビアマツ 2.7 cm 厚材の適

正スケジュール

Suitable drying schedule of 2.7 cm thick board.

含 水 率 M. C. (%)	乾 球 温 度 Dry bulb temperature (°C)	乾湿球温度差 Wet bulb depression (°C)
生—60	60	5
60—50	60	8
50—40	65	8
40—30	70	13
30—20	75	20
20—	85	30

VII パルプ化試験

造林木のパルプ用材としての適性評価を行った。

1. 試験材と試験方法

1-1 試験材

試験材を胸高直径により、大径材 (31~42 cm) および小径材 (21~25 cm) の 2 グループ (1 グループ 4 個体) に分け、各個体の地上高 1 m の部位から厚さ 2 cm の円板をとり、ギロチン型チップパーによって、厚さ 2~3 mm のチップを調製した。

1-2 試験方法

1) 試験材の化学組成

木材分析は JIS 規格に従って行った。ホロセルロースの定量は Wise 法¹⁹⁾に従って行い、亜塩素酸ソーダ処理は 4 回とした。

2) パルプ化

チップ 500 g (絶乾) を 4 l 容オートクレーブに詰め Table 17 に示す 3 条件にしたがって蒸解した。蒸解終了後パルプは 150 mesh のふるい上で洗滌し、離解機で解繊 (7,500 回) 後、10 cut フラットスクリーンで処理した。得られたパルプで収率、カップパーを測定し、残分を漂白および紙力試験に供した。

3) 漂 白

漂白試験は、蒸解条件Ⅲ (Table 17 参照) で調製したパルプを用い、Table 18 の漂白条件で行った。

Table 17. 蒸 解 条 件

Cooking conditions

蒸 解 条 件 Cooking conditions	活性アルカリ Active alkali (as Na ₂ O) (%)	硫 化 度 Sulfidity (as Na ₂ O) (%)	液 比 Liquor to wood ratio (l/kg)
I	14	25	4.5 : 1
II	16	25	4.5 : 1
III	18	25	4.5 : 1

蒸解スケジュール：最高温度 170°C，最高温度保持時間 1.5 hr，同到達時間 1.5 hr
Cooking schedule : Temperature : 170°C, Time to max. 1.5 hr, Time at max. 1.5 hr

Table 18. 漂 白 条 件

Bleaching conditions

処 理 Treatment	薬品添加量 Chemicals (%)	パルプ濃度 Pulp consistency (%)	温 度 Temperature (°C)	反 応 時 間 Reaction time (hr)
1. Cl ₂	ローエ価の 120% 120% of Roe no.	4	室 温 Room temperature	1
2. NaOH	2.5*	6	60	1
3. ClO ₂	1.0*	6	60	2
4. NaOH	1.5*	6	60	1
5. ClO ₂	1.0*	6	60	2

*: 対パルプ Pulp basis

ローエ価は TASMAN らの方法²⁰⁾によりカップー価に係数 (0.16) を乗じて求めた。また PC 価は GIERTZ の方法²¹⁾にしたがって求めた。

4) 叩解, 抄紙および紙力試験

叩解は PFI ミルを用い, TAPPI 標準法にしたがって行い, フリーネスを $220 \pm 20 \text{ ml (CSF)}$ とした。抄紙は TAPPI 標準法に, また紙力試験は JIS 規格¹⁸⁾にしたがって行った。

2. 結果と考察

1) 化学組成の分析結果を Table 19 に示す。

カリビアマツは, アカマツに比べ, ホロセルロース, α -セルロースの含有量は高かったが, 1%NaOH, 熱水抽出物量およびリグニン量は同程度であった。

2) パルプ化条件とパルプ収率

ローエ価および白色度との関係を Table 20 に示す。

カリビアマツの蒸解性はアカマツより優れており, 活性アルカリ 14% の蒸解において, アカマツはパルプ化不能であるのに対し, カリビアマツは十分にパルプ化された。活性アルカリ 16% および 18% にお

Table 19. 供試材の化学組成 (対絶乾木材, %)
Chemical components of wood samples (% of oven dry wood)

試料 Wood sample	1% NaOH 抽出物 1% NaOH ext.	アルコール・ベンゼン抽出物 Et. OH-benzene ext.	リグニン Klason lignin	ホロセルロース Holocellulose	α -セルロース α -cellulose
小径材 Small logs	8.52	1.73	27.75	77.44	52.09
大径材 Large logs	9.85	2.69	27.92	76.55	50.62
アカマツ <i>Pinus densiflora</i>	10.60	2.20	27.08	74.65	—

Table 20. 蒸解条件とパルプの性質
Cooking conditions and properties of unbleached pulps.

試料 Wood sample	蒸解条件 Cooking condition	収率 Yield (%)			ローエ価 Roe number	白色度 Brightness
		精選 Screened	粕 Screening	全 Total		
小径材 Small logs	I	47.0	7.6	54.6	12.8	11.5
	II	47.8	2.9	50.7	10.1	12.8
	III	46.3	0.8	47.1	5.9	14.2
大径材 Large logs	I	46.2	7.1	53.4	11.7	11.9
	II	46.8	2.0	48.8	8.3	13.0
	III	46.4	0.5	46.9	6.3	14.6
アカマツ <i>Pinus densiflora</i>	I	—*	—*	—*		
	II	44.1	8.1	52.2	10.1	10.1
	III	48.0	1.4	49.4	6.4	14.9

*: 未蒸解でパルプ化不能 Not cooked
I, II, III: Table 17 参照 See Table 17.

Table 21. 漂 白 パ ル プ の 性 質
Properties of bleached sulphate pulps.

試 料 Wood samples	ローエ価 Roe number	収 率 Yield (%)		白 色 度 Brightness	P C 価 PC number
		漂白歩留り Unbleached pulp basis	対チップ歩留り Oven dry chip basis		
小 径 材 Small logs	5.93	96.81	43.41	81.7	1.59
大 径 材 Large logs	6.36	96.41	44.73	82.4	1.35
アカマツ <i>Pinus densiflora</i>	6.46	97.10	43.60	87.6	—

Table 22. 紙 力 試 験 結 果
Evaluation of sulphate pulps.

試 料 Wood samples	蒸解条件 Cooking condition	密 度 Density (g/cm ³)	伸び率 Elonga- tion	裂断長 Break- ing length (km)	比破裂 強 さ Burst factor	比引裂 強 さ Tear factor	耐折強さ Folding endur- ance (MIT)	フリース ネ Free- ness (CSF) (ml)	PFI ミ ルカウ ント数 PFI mill revolu- tion count
小 径 材 Small logs	I	0.57	4.1	7.9	7.2	167	1,600	225	1,450
	II	0.57	4.0	8.0	6.9	177	2,000	230	1,140
	III	0.60	3.8	8.0	6.7	174	2,800	230	1,030
	漂白パルプ Bleached pulp	0.65	4.0	9.1	7.6	166	3,440	200	1,300
大 径 材 Large logs	I	0.54	3.8	6.2	5.2	227	930	230	1,400
	II	0.60	4.3	7.5	6.4	193	1,600	210	1,200
	III	0.60	4.3	7.3	6.3	207	2,100	215	1,100
	漂白パルプ Bleached pulp	0.65	4.3	9.0	7.5	167	3,900	215	1,350
アカマツ <i>Pinus densiflora</i>	II	0.68	4.6	12.1	10.5	108	3,200	210	1,050
	II	0.69	4.3	12.4	10.7	108	3,900	220	950

I, II, III : Table 17 参照 See Table 17

けるパルプのローエ価はほぼ同程度であったが、粕率ではカリビアマツが低かった。

3) 漂白パルプの性質を Table 21 に示す。

漂白収率はアカマツと同程度であったが、白色度は数%低かった。色戻り (PC 価) も小さかった。

4) 未漂白および漂白パルプの紙力試験の結果を Table 22 に示す。

紙の強度的性質はアカマツに比べシート密度が低い、裂断長、比破裂強さおよび耐折強さは 20~30% 低かったが、比引裂強さでは逆に 70% 以上高かった。

5) 大径材と小径材の差異は、パルプ収率には認められず、紙の強度では比引裂強さで大径材が若干優れた値を示し、その他の強度的性質では、小径材の方が幾分高い値を示した。

高 野 勲・島 田 謹 爾・宇 佐 見 國 典

要 約

1. 解剖学的性質

辺心材の差は著しくなく、辺材は淡黄褐色を帯び心材はやや赤色を帯びる。生長輪の境界は、一般に髄から10番目まで明らかでないが、それより外側では晩材部がはっきりするようになる。仮道管には対列状の有縁壁孔対がある。仮道管の長さは最内部の生長輪では2mm前後であるが、10番目の生長輪では6mmに達する。放射組織の分野には2～4個のマツ型壁孔があり、辺縁に認められる放射仮道管には鋸歯状の肥厚がある。軸方向樹脂道は早材部に主として分布し、その直径の平均値は280 μ mである。そのエビセリウムは薄壁である。

異常組織が認められ、周囲の組織の配列を乱している。この異常組織は薄壁の仮道管と柔細胞のストランドから成立っている。

2. 容積重、収縮率および繊維傾斜

丸太33本を試験材に選び、収縮率、容積重、繊維傾斜、樹脂分、生長輪について、それぞれの丸太内における変動を調査した。

1) 容積密度数および収縮率（半径方向、接線方向）

抽出および未抽出材の容積密度数の値は、それぞれ平均値で409 kg/m³、436 kg/m³である。

全乾収縮率は半径、接線および軸方向でそれぞれ平均3.39 (2.16～5.17) %、6.23 (4.33～8.04) %および0.35 (0.17～0.67) %である。

2) 容積重の丸太内半径方向の変化は、樹心部でその値が小さいが、周辺部へ向かって、17～18 cm位まで急激に増加する。これは、カリビアマツでは普通に認められるものであるが、樹心部では樹脂分が多いために、脱脂した試料材のほうが未脱脂のものより、この傾向は一層明瞭になる。特に、髄から6～7 cmの範囲に多量の樹脂分が含まれており、その含有率は14～16%に達する (Fig. 4, 5)。

3) 繊維傾斜は個体によって、その変動の幅が大きいため、33本の供試丸太のそれを3つのパターンに区分した。約90%の丸太が髄を中心としてS傾斜から始まる。繊維傾斜が最大になる半径方向の位置は相対距離で30～40%、その値は平均値で15%である。S傾斜からZ傾斜に変化する丸太の出現頻度も高く、傾斜が変化する位置は、相対距離でおよそ60%である。

4) 樹心部周辺では生長輪界が不明瞭な丸太が多く、その範囲は髄から6～10 cmである。これより外周に形成される生長輪では、その境界が髄周辺のものに比べるとはるかに明瞭になる。しかし、樹心部、周辺部ともに偽年輪が多数形成されているので、生長のサイクルを知るためには、肉眼的に判定するよりも、マイクロデンシトメータによる方法が望ましい。試験結果から、今回のカリビアマツの生長サイクルは15～16生長期であると推定出来る。

3. 吸水性および吸水量

辺心材の境界が不明瞭であるが、半径に沿った吸水量の違いは辺心材の境界を明らかに示していた。辺材域の吸水量は、広葉樹材のそれに比較して著しく大きい。これは、一般的に針葉樹の辺材のそれが大きい傾向と一致している。

試験片によって吸水量の最大と最小値の間に極端な差がある。また吸水量 (mg/cm²·day) は辺材木口面: 2,267, 板目面: 514, 柾目面: 302 mg/cm²·dayであり、日本産のクロマツに比較すると大幅に大き

い。したがって、カリビアマツは吸水量の最も大きい樹種といえる。

4. 強度的性質

気乾状態に達した長さ4m、幅12cm、はりせいが18cm、21cm、24cm、27cmの平角それぞれ8, 5, 5, 3体、計21体について、三等分点荷重方式で実大曲げ試験を行った。実大曲げ試験終了後、非破壊部より木取った無欠点小試験体120体について、曲げ試験を行った。

また、丸太3本について、髄からの距離、生長輪の数を測定した無欠点小試験体の曲げ試験を行い、丸太内の曲げ強度の分布を検討した。得られた結果を摘記すると、つぎようになる。

1) 平角実大材の気乾状態（含水率約16.0%）における気乾比重の範囲は0.44～0.66で、その平均値は0.54であった。

2) 平角実大材の曲げ破壊係数の範囲は194 kgf/cm²～605 kgf/cm²で、その平均値は426 kgf/cm²であった。マツ類の材料強度である285 kgf/cm²の値を満足しなかったものは、21体中1体であった。

3) 平角実大材の曲げヤング係数の範囲は、 56.6×10^8 kgf/cm²～ 138.9×10^8 kgf/cm²で、その平均値は、 88.7×10^8 kgf/cm²であった。

4) 平角実大材の曲げ破壊係数と、狭い面の中央1/3区間の単独節径比との間に-0.64**の相関係数が得られた。これに対し、曲げヤング係数(E_L)との間では、0.43*であった。

5) 無欠点小試験体の気乾比重の平均値は、0.55で、平角実大材とほぼ同一であったが、その範囲は0.39～0.70で、変動係数は17.7%を示した。

6) 無欠点小試験体の曲げヤング係数、曲げ破壊係数の平均値および範囲は、それぞれ 85.1×10^8 kgf/cm²、 41.5×10^8 kgf/cm²～ 132.0×10^8 kgf/cm²、762 kgf/cm²、566 kgf/cm²～1,016 kgf/cm²であった。

7) 丸太内での曲げ強度の分布を検討すると曲げヤング係数、曲げ破壊係数とも髄からの距離が大きくなるにしたがって大きな値となる傾向が認められた。曲げの形質商をみると髄からの距離では100mm以上で、髄からの年輪の数では5以上で、ほぼ一定の値をとることがわかった。

5. ひき板の乾燥特性

1) 含水率10%時点の乾燥速度係数 k は、まさ目材の方が板目材より大きく、その比は1.6:1.0程度であった。

2) まさ目材と板目材の乾燥速度係数の比がこのように大きなものは、針葉樹材では少ない。

3) 温度100°Cの急速乾燥では、初期割れがやや発生しやすいものも含まれるが、狂いや落ち込みはほとんど問題がない、という結果が見られた。

4) 2種類の乾燥スケジュール条件による実験結果に基づき、2.7cm厚材に相当と考えられる乾燥スケジュールを推定すると、Table 16のようになる。

5) このスケジュールによる生から含水率10%までの所要乾燥日数は、約2日である。この数値は、針葉樹材のうちでも小さい（乾燥が早い）部類に属するといえる。

6. パルプ特性

パルプ原料としての適性評価を生長量によって大小2グループに分けた丸太からの試料を用いてクラフトパルプ化法により検討した。

1) パルプ化は容易で、粕率は低く、精選収率は47～48%で良好なパルプが得られた。

2) パルプの強度的性質はアカマツ材に比較して、裂断長、比破裂強さは劣るが、比引裂強さは優れた

値を示した。

- 3) 漂白性は良好で、色戻りも低い値を示した。
- 4) 同樹齢での大径材と小径材のパルプ性質の差異は、パルプ収率には認められず、紙の強度では比引裂強さで大径材が若干優れた値を示し、その他の強度的性質は、小径材の方が幾分高い値を示した。

引用文献

- 1) LAMB, A. F. A. : *Pinus caribaea* Vol. 1, Fast Growing Timber Trees of the Lowland Tropics. No. 6, Univ. of Oxford, 254 pp., (1973)
- 2) ALSTON, A. S. : *Timbers of Fiji*, 183 pp., (1982)
- 3) BURLEG, J., J. F. HUGHES, and A. F. A. LAMB : Variation in the wood quality of *Pinus caribaea* var. *caribaea*, preliminary analysis of five trees from the Topes de Collates plantation, Cuba. *Baracoa*, 3, 42~67, (1973)
- 4) GROOM, P. : A preliminary inquiry into the significance of Tracheid-caliber in coniferae, *Bot. Gaz.*, Vol. 57, (1914)
- 5) PEEL, J. D. : Fiber dimensions of suggested pulpwood plantation species, *Mal. For.*, 7, (1959)
- 6) SCHMIDT, J. D. K. and W. J. SMITH : Wood quality evaluation and improvement in *Pinus caribaea*, *Queensland For. Ser. Research Notes*, 1~65, (1961)
- 7) STEVENS, S. H. T. : Tracheid length in *Pinus caribaea* Fxtr. from Rep. Imp. For. Inst. Oxf., (1959)
- 8) 須川豊伸・藤井智之：カリビアマツに認められた異常組織について，第34回木材学会大会要旨，34，269，(1984)
- 9) FAHNESTOCK, G. R. and GARRAT, G. A. : Nicaragua pine (*Pinus caribaea* MORELET), *Tropical Woods*, 55, 1~16, (1938)
- 10) HOUKAL, D. J. : Geographical variation in the specific gravity of the timber of *Pinus caribaea* and *P. caribaea* from Honduras., *Escuela Nacional de Ciencias Forestales, Siguateque*, Honduras, *Articulo Cientifico*, 4, 11, (1981)
- 11) HUGHES, J. F. : A preliminary investigation of some structural features and properties of the wood *Pinus caribaea* from British Honduras. *Commonwealth Forestry Review* 49(4), No. 142, 336~355, (1970)
- 12) COWN, D. J., MCCONTIE, D. L. and YOUNG G. D. : Wood properties of *Pinus caribaea* var. *hondurensis* grown in Fiji. : New Zealand Forest Service, Forest Research Institute, Rotorua, *Wood Quality Report No. 39*, 73, (1981)
- 13) 未利用樹種研究班：パプアニューギニア材の加工的性質，第6報，西ニューブリテン産材の材質，物理的性質および耐朽性，*林試研報*，299，23~84，(1978)
- 14) 木材部・木材利用部：日本産主要樹種の性質，木材の性質一覧表，*林試研報*，319，85~126，(1982)
- 15) 建設省，建築基準法施行令，(1980)
- 16) 中井 孝・山井良三郎：日本産主要樹種の性質，日本産主要35樹種の強度的性質，*林試研報*，319，13~46，(1982)
- 17) 寺沢 真・筒本卓造：木材の人工乾燥，*日本木材加工技術協会*，163 pp., (1976)
- 18) 林 試 編：木材工業ハンドブック，丸善，1099 pp., (1982)
- 19) 日本工業規格：部門P「パルプおよび紙」，*日本規格協会*，(1978)
- 20) 日本木材学会：木材科学実験書Ⅱ化学編，日本木材学会・化学編編集委員会，155~156，(1985)
- 21) 日本木材学会：木材科学実験書Ⅱ化学編，日本木材学会・化学編編集委員会，222~224，(1985)
- 22) TAPPI : TAPPI スタンダード，T 260, pm-79, (1979)

Wood Properties of Tropical Plantation-grown Species I
***Pinus caribaea* MORELET var. *hondurensis* BARR. & GOLF.**
from a Plantation in Fiji

Working Group on Properties of Tropical Plantation-grown Species⁽¹⁾

Summary

Wood properties of *Pinus caribaea* var. *hondurensis* from a plantation in Viti Levu, Fiji were examined and discussed. Items of examination were as follows; wood anatomy, density, spiral grain, shrinkage, water-absorption, mechanical properties of full size beam and clear specimen, kiln-drying, and pulp- and paper-making.

I. Material

Thirty-eight logs of Caribbean pine imported into Japanese market from Fiji Pine Commission were used for the examination. According to the Commission, they were extracted from Lololo plantation near Lautoka city, Viti Levu, Fiji. The distribution of the top end diameter of logs was as follows;

16 cm	2	28 cm	8
18 cm	2	30 cm	5
20 cm	3	32 cm	1
22 cm	10	36 cm	1
24 cm	4	40 cm	1
26 cm	1		

Most of these logs suffered more or less from blue stain.

II. Wood Anatomy

Toyonobu SUGAWA

Plantation-grown Caribbean pine trees were anatomically studied and the results were discussed comparing with those of temperate pine species.

Heartwood was colored pale-brown with a reddish tinge and not clearly distinguishable from sapwood which has a yellowish white color. Up to the 10th ring, late wood was not clearly formed, but in the outer part it was evidently darker than the early wood. Tracheids had the bordered pit pairs in an opposite arrangement and their length increased rapidly from about 2 mm at the first ring to about 6 mm at the 10th ring. Rays were uniseriate and 3~20 cells in height, and were usually accompanied by dentate ray tracheids in both margins. Ray parenchyma cells were thin-walled and had 2~4 pinoid pits in every cross-field. Axial resin canals with thin-walled epithelial cells were scattered mainly in early wood and had an average diameter of 280 μ m.

Abnormal tissues which composed of thin-walled tracheids and axial parenchyma strands were found, and they caused the disarrangements of surrounding tissues.

III. Density, Shrinkage and Grain angle

Sadaaki OHTA

Pinus caribaea grows very rapidly in the plantation in Fiji and this rapid growth results in a wide growth layer, a high proportion of early wood and very little late wood. The

Received December 17, 1985

(1) Wood Utilization, Wood Technology, Forest Products Chemistry

central core or juvenile wood was normally formed during the first 5~8 years of growth, and then a gradual transition to mature wood was made. Thirty three logs were chosen to obtain the fundamental properties; density, shrinkage and spiral grain. The test methods were based on the Japan Industrial Standard. The growth layer analysis was carried out by means of X-ray densitometry. Fundamental characteristics before and after alcohol and benzen extraction are tabulated in Table 3.

The results of the present observation are as follows :

1) The number of the study logs, the log diameter, the maximum, minimum, mean value and standard deviation of shrinkage, bulk density and apparent specific gravity of each log were given in Appendix and mean values for density and shrinkage of all the samples were shown in Table 3. Then, the histograms of bulk density and shrinkage when green to oven-dry were shown in Figs. 2, 3 and 4.

The mean values of the bulk density of the specimen after and before resin extraction were 409 kg/m^3 , ranging from 329 kg/m^3 to 513 kg/m^3 and 436 kg/m^3 , ranging from 347 kg/m^3 to 552 kg/m^3 respectively. The mean values of tangential, radial and longitudinal shrinkage from when green to oven-dry were 6.2%, 3.4% and 0.34% respectively, and ranged from 4.3% to 8.0%, from 2.2% to 5.2% and from 0.17% to 0.67%, respectively in non-extracted specimens. On the other hand, the mean values of shrinkage for two directions in extracted specimens were 7.0% and 3.8% and ranged from 5.0% to 9.0% and from 2.5% to 5.6%, respectively.

2) The transverse distributions of bulk density and shrinkage (extracted specimens) when green to oven-dry in relation to relative distance from pith were shown in Figs. 4 and 5. The accumulation of resin was found in the core part, often with a spread of 6~7 cm from the pith and star shaped resin deposits around the pith were common and it contained resin up to 16% on a weight basis. Shrinkage in radial and tangential direction, increased from pith to bark (up to 18 cm from pith) but no apparent trend was found in longitudinal direction shrinkage.

3) Variation in grain angle from pith to bark were shown in Figs. 7, 8 and 9. There were large between-tree (33 logs) differences in grain angle, and they were classified into three typical types. About 90% of samples exhibited left handed spiral (S-spiral) grain from the pith. The mean value for spiral grain was 15%, ranging from 8.6~38%. In general, the maximum value of grain appeared within 30~40% of radius from pith.

4) The within-ring variation in density and distinction of growth layer, together with variation in density from the pith outwards, in one of the samples were densitometrically shown in Fig. 10. Density always increased from the pith outwards in all the samples examined as shown in the figure. It can be seen from Fig. 10 that the large number of false rings and lack of clear contrast between early and late wood texture, especially in the area up to about 10 cm from the pith. But, the growth layer can be more clearly observed in the outer part. According to the results of densitometric observation the number of growth layers was assumed to be about 16, and this value suggests the planted year of the sample trees.

IV. Water Absorption

Takeo HAISHI

1. Radial variation of water-absorption in the cross section.

It was considered that water-absorbability in the cross section, namely, the variation pattern of the amount of absorbed water along a radial direction of a log should be a useful information for checking the heart and sap wood boundary of the log, the ease of impregnation, and so forth.

To determine this pattern, four diametrical specimens in Fig. 11 which had sizes of (L) 15 mm and (T) 30 mm were cut. After seasoning at 12~13% EMC, the specimen were immersed in 50 mm below the surface of water and kept at 25°C for three hours. They were then taken out of the water, split tangentially into small pieces and weighed with a weighing bottle. The water-absorption amount, ΔW , was obtained by the equation.

$$\Delta W = (1/2)(U_w - U_i)dr_0/100$$

where ΔW is the water-absorption amount per unit area after three hours (g/cm²), U_w is the moisture content (%) after water-absorption for three hours, U_i is the moisture content (%) before water-absorption, d is the fiber-directional length (cm), and r_0 is the density when oven-dry (g/cm³).

Fig. 12 showed the radial variations of water-absorption and density (air dry) of the four specimens. Although the specimens in Fig. 11 were with indistinguishable heart and sap wood boundaries and with wide sapwood zones, the variations of water-absorption in Fig. 12 could clear clearly show the boundaries between them.

Among the four specimens, the amount of water-absorption in No. 34 was the smallest. This might be due to the fact that, although the whole surface of cross section of the specimen was covered by a blue-stain, the damage was not so considerable.

2. Water absorption

Fifty specimens were taken from sapwoods of the four logs for the determination of water-absorption according to Japanese Industrial Standards (JIS) Z 2104. The test results are shown in Table 4.

It is noteworthy that there were extreme differences in water-absorption between the maximum and the minimum and that the amounts were considerably larger than that of Kuromatsu (*Pinus thunbergii* PARL.: Japanese black pine) which has the largest value among Japanese woods, with 1,944 mg/cm².day in the cross section of the sapwood, 153 in the tangential, and 99 in the radial section. It was considered that the water-absorption might be influenced by the degree of damage to cell walls by the blue stain fungi. However, an intact sapwood also has similar large water-absorption. Therefore, an easier passing of water through the pittings may be the most effectual factor for the water-absorption of the species.

In conclusion, *Pinus caribaea* is one of the species with the most water-absorbent nature.

V. Mechanical properties

Takashi NAKAI

The results of full size and small clear specimen bending test and within-log variation in bending strength based on the tests on small clear specimens were presented.

The full size bending test was conducted on the beams which were 400 cm in length, 12 cm in width and in four different heights of 18, 21, 24, and 27 cm by two-point loading system. One beam sample was taken from each of the twenty-one logs.

The total span was 360 cm and the distance from the support to the loading point was 120 cm. The modulus of elasticity was calculated based on the deflection at the moment constant area using 80 cm yoke and also at the mid span.

The six small clear specimens for the standard bending test in accordance with the Japanese Industrial Standard (JIS) Z 2113 were cut from non-destructive part of each of the full size beams after rupture.

To investigate within-log variation in bending strength, three logs were used. Every small clear specimen was cut with the data of the ring number and the distance from the pith. Total number of specimen was seventy-nine.

The main results of the present test are summerized as follows :

1) The results of the full size bending test were shown in Table 5 with the size of knot expressed by the ratio of the measured knot size between two lines parallel to the edges of beam to face width in percentage. The range of the apparent specific gravity at test, where the mean moisture content was 16.0% was 0.44 to 0.66 and the mean value was 0.54.

2) The modulus of rupture in full size beams ranged from 194 kgf/cm² to 605 kgf/cm² and the mean value was 426 kgf/cm². It was noted that only one beam (No. 25) of twenty-one beams showed 194 kgf/cm² in the modulus of rupture, very low due to the knot in the narrow face at the center 1/3 area.

3) The range of the modulus of elasticity measured by mid-span deflection in the full size beam was from 56.6×10^3 kgf/cm² to 138.9×10^3 kgf/cm² and the mean value was 88.7×10^3 kgf/cm².

4) The value of the correlation coefficient between the modulus of rupture and the ratio of knot at the center 1/3 area in narrow face was -0.64^{**} , whereas that between the modulus of rupture and modulus of elasticity was 0.43^* .

5) The results of the bending test on small clear specimens were tabulated in Table 6. Although the mean value of the specific gravity was 0.55, which was almost similar to the value of the full size beam's apparent specific gravity, the range was wider than those of the specimens usually tested, 0.39 to 0.70 with a 17.7% coefficient of variation.

6) The mean value and the range of the modulus of elasticity and modulus of rupture were 85.1×10^3 kgf/cm²; 41.5×10^3 kgf/cm²~ 132×10^3 kgf/cm², 762 kgf/cm²; 566 kgf/cm²~1016 kgf/cm², respectively.

7) The results of the test for within-log variation in small clear specimen's bending strength were shown in Table 7 and also Figs. 13~17. It was clear that the longer the distance from the pith, the higher the modulus of elasticity and modulus of rupture. From the results shown in Figs. 16 and 17, the specific strength in bending might be regarded as constant from the fifth ring outwards or more than 100 mm distant from the pith.

VI. Drying Properties of Sawed Lumber

Hiroshi Sumi

The three categories of the drying experiment were carried out in this study. A brief description of the experimental procedure and major findings in this study were as follows;

(1) Experiment for drying rate

Both the edge- and the flat-grained test pieces of 2 cm (T)×10 cm (W)×30 cm (L) were dried approximatery 30 to 5% moisture content in the steady condition (DBT 60°C, WBD 25°C) after air drying. The values of the drying rate coefficient k at 10% moisture content, which were graphically obtained, were in the range of 8.4×10^{-2} — 11.0×10^{-2} (t/hr) for the edge-grained test pieces (k_e , Ave. 9.0×10^{-2}) and 12.4×10^{-2} — 15.9×10^{-2} (t/hr) for the flat-grained ones k_f , Ave. 14.5×10^{-2}), respectively. Ratio of k_f to k_e (k_f/k_e) was proved to be considerably large for the coniferous species.

(2) Quick drying test (commonly called the 100°C test)

The flat-grained test pieces of 2 cm (T)×10 cm (W)×20 cm (L) were oven dried. Initial checkings were observed during drying, and abnormal shrinkage in the thickness direction and internal checking (honeycombing) were measured when oven dry. Those drying defects were evaluated by a criterion. As for the suitable drying schedule for a 1 inch thick board, the initial DBT and WBD were estimated as being 60°C and 5°C respectively from this test.

(3) Schedule drying experiment

One inch thick boards were kiln dried by the schedule estimated from the quick drying test (No. 1 schedule) and by the more severe schedule (No. 2 schedule) for a comparison. The Caribbean pine lumber supplied for this study was easily kiln dried without any serious drying defects except for the slight surface checkings. The kiln drying time from green to 10% moisture content was estimated to be about two days.

VII. Pulp- and Papermaking

Isao TAKANO, Kinya SHIMADA and Kuninori USAMI

To evaluate the suitability of *Pinus caribaea* as raw material for pulp and paper manufacture, the kraft pulping and paper making of logs of two different size groups, small; 21~25 cm and large; 31~42 cm, were examined.

1) Caribbean pine was well cooked under the ordinal kraft cooking conditions. The pulp yield (screened) was at the level of 47~48%, and the yield of screenings was very small.

2) The pulp showed reasonable strength properties on the whole. It had a higher tearing resistance and relatively lower values of tensile strength, burst strength, and folding endurance than those of the pulp from Japanese red pine (*Pinus densiflora*).

3) The bleached sample produced a clear and white pulp and they showed relatively low color reversion.

4) The influence of size of sample logs on the pulp properties was not clear, but the tearing resistance of pulp from the logs of the large group was comparatively higher than that of the small group.

Appendix-Table 容積重および収縮率測定値総括表
Diameter, Shrinkage and density of each log.

原木 番号 Log No.	直径 Log Dia- meter	代表値 Rep- resent ative Fig- ures	収 縮 率 Shrinkage										容 積 重			
			α_1			α_2			α_3				Density			
			t	r	l	t	r	l	t	r	l	v	R	r_0	r_{15}	
2	21.8	I *1	n	6	6	4	6	6	4	6	6	4	6	6	6	6
			Max.	3.85	2.58	0.08	0.32	0.25	0.01	8.25	6.52	0.29	15.34	576	0.68	0.71
			Min.	1.25	0.37	0.01	0.17	0.07	0.01	3.85	1.46	0.12	5.94	412	0.44	0.48
			$\bar{x}$	2.59	1.45	0.06	0.26	0.17	0.01	6.36	3.93	0.23	10.38	491	0.55	0.59
			σ	0.96	0.81	0.03	0.05	0.07	0.002	1.65	1.77	0.07	3.22	62	0.09	0.08
		II *2	n	6	6		6	6		6	6		6	6	6	6
			Max.	4.70	3.05		0.33	0.26		9.40	6.81		15.62	571	0.68	0.71
			Min.	2.18	0.74		0.16	0.07		4.50	1.85		7.01	335	0.37	0.40
			$\bar{x}$	3.60	1.88		0.24	0.16		7.13	4.29		11.42	450	0.51	0.55
			σ	0.94	0.84		0.06	0.07		1.75	1.79		3.03	92	0.12	0.12
3	25.7	I	n	4	4	3	4	4	3	4	4	3	4	4	4	4
			Max.	3.69	2.15	0.15	0.25	0.18	0.02	7.35	4.88	0.40	12.03	439	0.47	0.52
			Min.	1.73	0.99	0.04	0.16	0.12	0.01	4.12	2.73	0.24	6.75	350	0.38	0.41
			$\bar{x}$	2.62	1.48	0.09	0.21	0.14	0.01	5.64	3.62	0.30	9.16	395	0.44	0.47
			σ	0.84	0.48	0.05	0.03	0.03	0.002	1.31	0.86	0.07	2.16	33	0.04	0.04
		II	n	4	4		4	4		4	4		4	4	4	4
			Max.	4.08	2.44		0.25	0.19		7.76	5.28		13.16	406	0.47	0.50
			Min.	2.34	1.23		0.16	0.12		4.71	3.01		7.73	327	0.36	0.39
			$\bar{x}$	3.16	1.75		0.21	0.15		6.19	3.96		10.08	363	0.41	0.44
			σ	0.73	0.44		0.04	0.03		1.28	0.86		2.14	29	0.04	0.04
4	28.3	I	n	8	8	6	8	8	6	8	8	6	8	8	8	8
			Max.	3.81	2.92	0.22	0.31	0.28	0.02	8.31	6.79	0.46	14.45	614	0.72	0.76
			Min.	2.68	1.55	0.003	0.19	0.13	0.01	5.60	3.45	0.11	9.01	381	0.42	0.46
			$\bar{x}$	3.34	1.99	0.14	0.25	0.18	0.01	6.95	4.7	0.33	11.38	475	0.54	0.58
			σ	0.38	0.50	0.07	0.04	0.05	0.003	0.96	1.2	0.11	1.88	81	0.11	0.10
		II	n	7	7		7	7		7	7		7	7	7	7
			Max.	4.53	3.16		0.31	0.28		9.00	7.27		16.0	599	0.71	0.74
			Min.	3.13	1.66		0.21	0.14		6.15	3.71		10.19	368	0.41	0.45
			$\bar{x}$	3.95	2.21		0.27	0.20		7.84	5.18		13.11	475	0.55	0.58
			σ	0.46	0.60		0.03	0.05		0.92	1.29		1.89	78	0.10	0.10
5	21.0	I	n	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
			Max.	3.11	2.06	0.14	0.29	0.25	0.09	7.35	5.44	1.39	12.30	571	0.65	0.69
			Min.	1.83	0.78	0.07	0.21	0.10	0.01	5.06	2.33	0.26	10.01	376	0.42	0.45
			$\bar{x}$	2.34	1.32	0.1	0.25	0.18	0.04	6.04	4.01	0.64	11.03	499	0.56	0.60
			σ	0.43	0.48	0.03	0.03	0.05	0.03	0.81	1.22	0.39	0.92	82	0.10	0.10
		II	n	5	5		5	5		5	5		5	5	5	5
			Max.	4.05	2.50		0.30	0.23		8.36	5.86		14.44	554	0.65	0.68
			Min.	2.84	1.33		0.19	0.16		5.80	3.05		10.37	372	0.42	0.45
			$\bar{x}$	3.33	1.81		0.24	0.17		6.82	4.37		12.04	460	0.53	0.56
			σ	0.42	0.50		0.04	0.05		0.95	1.15		1.65	77	0.10	0.10

Appendix-Table (つづき) (Continued)

原木 番号 Log No.	直径 Log Dia- meter	代表値 Rep- resent ative Fig- ures	収 縮 率 Shrinkage											容 積 重		
			α_1			α_2			α_3				Density			
			t	r	l	t	r	l	t	r	l	v	R	r_0	r_{18}	
7	31.8	I	n	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
			Max.	3.27	1.31	0.33	0.29	0.17	0.02	7.42	3.83	0.64	11.07	467	0.53	0.56
			Min.	1.53	0.47	0.03	0.15	0.07	0.01	3.80	1.51	0.17	6.27	318	0.34	0.38
			$\bar{x}$	2.26	0.76	0.16	0.21	0.11	0.01	5.33	2.34	0.38	7.91	384	0.42	0.46
			σ	0.64	0.28	0.09	0.05	0.04	0.01	1.34	0.81	1.16	1.79	52	0.06	0.07
		II	n	7	7		7	7		7	7		7	7	7	7
			Max.	4.29	1.48		0.32	0.19		8.99	4.28		12.97	4	0.53	0.57
			Min.	1.93	0.52		0.16	0.08		4.35	1.69		7.76	293	0.32	0.35
			$\bar{x}$	2.83	0.84		0.23	0.12		6.21	2.68		9.77	380	0.42	0.46
			σ	0.91	0.34		0.06	0.04		1.75	0.91		2.09	60	0.07	0.08
8	26.8	I	n	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	
			Max.	3.87	1.76	0.13	0.37	0.21	0.02	9.18	4.81	0.41	13.60	588	0.68	0.72
			Min.	1.46	0.63	0.04	0.13	0.10	0.01	3.39	2.32	0.19	5.81	380	0.41	0.45
			$\bar{x}$	2.66	1.03	0.10	0.27	0.15	0.01	6.59	3.21	0.26	9.91	454	0.51	0.55
			σ	0.67	0.35	0.03	0.07	0.04	0.004	1.69	0.86	0.07	2.32	67	0.09	0.09
		II	n	7	7		7	7		7	7		7	7	7	7
			Max.	5.33	2.31		0.37	0.22		10.64	5.57		15.77	571	0.68	0.71
			Min.	2.02	1.12		0.14	0.10		4.04	2.72		6.89	363	0.40	0.44
			$\bar{x}$	3.82	1.50		0.26	0.15		7.58	3.64		11.17	430	0.49	0.52
			σ	0.97	0.40		0.07	0.04		1.93	0.96		2.62	69	0.09	0.09
10	23.1	I	n	6	6		6	6		6	6		6	6	6	6
			Max.	3.42	1.45		0.31	0.20		7.92	4.28		11.86	464	0.52	0.56
			Min.	0.85	0.32		0.09	0.07		2.13	1.59		5.81	275	0.30	0.32
			$\bar{x}$	2.07	0.79		0.22	0.12		5.26	2.60		8.19	368	0.40	0.44
			σ	0.86	0.46		0.08	0.05		1.96	1.17		2.44	85	0.10	0.11
		II	n	6	6		6	6		6	6		6	6	6	6
			Max.	4.11	1.78		0.36	0.20		9.36	4.67		13.59	457	0.52	0.56
			Min.	1.35	0.42		0.10	0.08		2.79	1.78		6.74	270	0.29	0.31
			$\bar{x}$	2.66	0.97		0.24	0.13		6.11	2.87		9.43	357	0.40	0.43
			σ	1.00	0.54		0.09	0.05		2.24	1.26		2.69	831	0.10	0.11
11	23.1	I	n	6	6		6	6		6	6		6	6	6	6
			Max.	3.57	1.45		0.35	0.20		8.71	4.44		13.12	533	0.61	0.64
			Min.	2.06	0.74		0.21	0.11		5.14	2.41		7.91	326	0.35	0.39
			$\bar{x}$	2.78	0.99		0.28	0.15		6.89	3.30		10.37	421	0.47	0.51
			σ	0.55	0.24		0.06	0.03		1.36	0.74		1.82	77	0.10	0.10
		II	n	6	6		6	6		6	6		6	6	6	6
			Max.	4.73	1.97		0.35	0.20		9.80	4.90		14.29	518	0.60	0.64
			Min.	2.59	0.99		0.20	0.11		5.65	2.63		8.49	318	0.35	0.38
			$\bar{x}$	3.22	1.38		0.28	0.15		7.77	3.58		11.53	411	0.47	0.50
			σ	1.21	0.33		0.06	0.03		1.63	0.82		2.13	76	0.10	0.10

Appendix-Table (つづき) (Continued)

原木 番号 Log No.	直径 Log Dia- meter		代表値 Rep- resent ative Fig- ures	収 縮 率 Shrinkage										容 積 重		
				α_1			α_2			α_3				Density		
				t	r	l	t	r	l	t	r	l	v	R	r_0	r_{15}
12	21.8	I	n	5	5	2	5	5	2	5	5	2	5	5	5	5
			Max.	2.74	1.23	0.19	0.25	0.13	0.02	6.42	3.96	0.49	9.11	596	0.65	0.71
			Min.	1.43	0.58	0.08	0.17	0.09	0.01	4.04	1.98	0.23	6.92	295	0.32	0.35
			$\bar{x}$	1.93	0.81	0.14	0.20	0.12	0.02	4.86	2.61	0.36	7.85	388	0.42	0.46
			σ	0.48	0.25	0.05	0.03	0.03	0.01	0.83	0.75	0.13	0.91	109	0.12	0.13
		II	n	4	4		4	4		4	4		4	4	4	4
			Max.	3.41	1.10		0.27	0.14		7.31	3.21		10.4	371	0.42	0.45
			Min.	2.05	0.75		0.17	0.09		4.54	2.15		7.93	285	0.31	0.34
			$\bar{x}$	2.66	0.88		0.20	0.10		5.61	2.53		8.74	328	0.36	0.39
			σ	0.49	0.13		0.04	0.02		1.03	0.41		0.99	37	0.04	0.05
	25.4	I	n	5	5	5	5	5	5	6	6	5	5	5	5	5
			Max.	3.19	1.38	0.16	0.24	0.14	0.02	6.47	3.49	0.36	9.74	403	0.43	0.47
			Min.	1.34	0.48	0.05	0.2	0.10	0.01	3.51	2.08	0.27	6.91	355	0.39	0.42
			$\bar{x}$	2.32	0.97	0.09	0.22	0.12	0.01	5.56	2.82	0.30	8.58	368	0.40	0.44
			σ	0.78	0.39	0.04	0.02	0.02	0.001	0.95	0.6	0.03	1.32	17	0.02	0.02
		II	n	5	5		5	5		5	5		5	5	5	5
			Max.	3.76	1.62		0.23	0.14		7.07	3.68		10.88	354	0.40	0.43
			Min.	2.60	1.07		0.19	0.10		5.50	2.6		8.46	292	0.32	0.35
			$\bar{x}$	3.26	1.30		0.21	0.13		6.39	3.21		9.87	332	0.37	0.40
			σ	0.49	0.24		0.02	0.02		0.72	0.45		0.85	24	0.03	0.03
	21.7	I	n	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
			Max.	3.62	2.73	0.52	0.31	0.25	0.04	8.22	6.45	1.06	14.14	595	0.69	0.73
			Min.	1.11	0.36	0.05	0.15	0.09	0.01	3.36	1.76	0.19	5.89	300	0.30	0.36
			$\bar{x}$	2.17	1.08	0.28	0.21	0.14	0.02	5.22	3.11	0.63	9.00	414	0.45	0.50
			σ	0.91	0.81	0.16	0.06	0.06	0.01	1.77	1.65	0.33	2.71	94	0.12	0.12
		II	n	6	6		6	6		6	6		6	6	6	6
			Max.	4.57	2.86		0.31	0.26		9.12	6.70		15.12	588	0.69	0.73
			Min.	1.65	0.62		0.15	0.09		3.95	1.94		6.56	299	0.32	0.35
			$\bar{x}$	2.76	1.22		0.21	0.14		5.87	3.28		9.77	389	0.44	0.47
			σ	1.06	0.78		0.06	0.06		1.94	1.66		3.26	101	0.13	0.13
	25.5	I	n	6	6		6	6		6	6		6	6	6	6
			Max.	4.08	2.33		0.34	0.22		8.84	5.51		13.94	580	0.66	0.70
			Min.	1.84	0.95		0.18	0.10		4.55	2.44		5.55	387	0.43	0.47
			$\bar{x}$	3.17	1.45		0.28	0.16		7.22	3.85		10.75	500	0.56	0.60
			σ	0.74	0.49		0.05	0.04		1.41	1.07		2.68	73	0.09	0.09
		II	n	6	6		6	6		6	6		6	6	6	6
			Max.	5.16	2.62		0.33	0.22		9.88	5.89		15.34	550	0.64	0.68
			Min.	2.35	1.18		0.20	0.11		5.25	2.84		9.63	370	0.42	0.45
			$\bar{x}$	4.01	1.70		0.28	0.17		8.08	4.19		12.50	447	0.51	0.55
			σ	0.92	0.53		0.25	0.04		1.53	1.07		2.04	76	0.10	0.10

Appendix-Table (つづき) (Continued)

原木 番号 Log No.	直径 Log Dia- meter		代表値 Rep- resent ative Fig- ures	収 縮 率 Shrinkage										容 積 重			
				α_1			α_2			α_3				Density			
				t	r	l	t	r	l	t	r	l	v	R	r_0	r_{15}	
16	29.3	I	n	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
			Max.	2.80	1.00	0.45	0.27	0.15	0.06	6.81	3.07	1.40	9.68	440	0.47	0.52	
			Min.	0.97	0.30	0.001	0.12	0.06	0.01	2.84	1.28	0.17	5.38	330	0.36	0.39	
			$\bar{x}$	2.05	0.64	0.14	0.21	0.10	0.02	5.14	2.21	0.49	7.68	375	0.41	0.44	
			σ	0.58	0.23	0.15	0.05	0.03	0.02	1.27	0.66	0.38	1.41	34	0.04	0.04	
		II	n	8	8		8	8		8	8		8	8	8	8	8
			Max.	3.41	1.20		0.29	0.16		7.65	3.52		11.24	381	0.43	0.46	
			Min.	1.74	0.49		0.13	0.07		3.73	1.51		7.79	300	0.33	0.36	
			$\bar{x}$	2.79	0.84		0.22	0.12		6.04	2.60		9.56	336	0.37	0.41	
			σ	0.59	0.20		0.05	0.03		1.32	0.64		1.27	25	0.03	0.03	
17	25.5	I	n	5	5	6	5	5	6	5	5	6	5	5	5	5	
			Max.	3.72	2.82	0.05	0.31	0.27	0.01	8.28	6.76	0.24	14.45	589	0.69	0.72	
			Min.	2.61	0.88	0.003	0.21	0.12	0.01	5.77	2.73	0.12	8.37	319	0.35	0.38	
			$\bar{x}$	3.16	1.69	0.02	0.26	0.19	0.01	7.01	4.49	0.18	11.17	444	0.50	0.54	
			σ	0.40	0.68	0.02	0.04	0.05	0.001	0.91	1.44	0.04	2.16	98	0.12	0.13	
		II	n	5	5		5	5		5	5		5	5	5	5	
			Max.	5.03	3.46		0.36	0.29		10.15	7.68		17.05	583	0.70	0.73	
			Min.	3.13	0.92		0.23	0.16		6.53	3.01		9.43	316	0.35	0.38	
			$\bar{x}$	3.99	2.01		0.28	0.20		8.12	5.02		12.88	438	0.51	0.54	
			σ	0.68	0.90		0.05	0.05		1.30	1.67		2.65	97	0.13	0.13	
18	31.3	I	n	6	6	7	6	6	7	6	6	7	6	6	6	6	
			Max.	3.27	1.97	0.32	0.33	0.23	0.04	8.10	5.31	0.78	13.10	538	0.62	0.65	
			Min.	1.57	0.52	0.01	0.22	0.08	0.01	4.79	1.69	0.17	7.90	311	0.34	0.37	
			$\bar{x}$	2.64	1.10	0.13	0.27	0.15	0.02	6.67	3.29	0.4	10.32	411	0.46	0.49	
			σ	0.59	0.52	0.11	0.04	0.66	0.01	1.16	1.34	0.25	2.04	84	0.10	0.10	
		II	n	7	7		7	7		7	7		7	7	7	7	
			Max.	4.46	2.52		0.31	0.22		8.88	5.77		14.07	528	0.61	0.65	
			Min.	2.43	0.65		0.18	0.07		5.20	1.7		8.24	304	0.32	0.37	
			$\bar{x}$	3.50	1.40		0.24	0.13		6.95	3.29		10.51	387	0.43	0.47	
			σ	0.69	0.68		0.05	0.05		1.36	1.45		2.17	84	0.11	0.11	
19	30.3	I	n	7	7	6	7	7	6	7	7	6	7	7	7	7	
			Max.	2.86	1.44	0.26	0.31	0.20	0.02	7.49	4.36	0.59	11.51	514	0.58	0.62	
			Min.	1.25	0.34	0.06	0.14	0.07	0.02	3.31	1.42	0.34	5.58	314	0.34	0.37	
			$\bar{x}$	2.11	0.74	0.16	0.21	0.11	0.02	5.23	2.42	0.45	7.75	390	0.42	0.46	
			σ	0.50	0.40	0.07	0.05	0.05	0.002	1.28	1.07	0.09	2.02	75	0.09	0.09	
		II	n	5	5		5	5		5	5		5	5	5	5	
			Max.	3.97	1.76		0.35	0.21		9.00	4.84		13.58	507	0.59	0.62	
			Min.	1.71	0.39		0.16	0.07		4.03	1.50		6.46	310	0.34	0.37	
			$\bar{x}$	2.54	0.77		0.23	0.11		5.86	2.42		8.46	382	0.42	0.46	
			σ	0.77	0.50		0.06	0.05		1.68	1.24		2.62	77	0.10	0.10	

Appendix-Table (つづき) (Continued)

原木 番号 Log No.	直径 Log Dia- meter	代表値 Rep- resent ative Fig- ures	収 縮 率 Shrinkage											容 積 重			
			α_1			α_2			α_3				Density				
			t	r	l	t	r	l	t	r	l	v	R	r_0	r_{15}		
21	22.3	I	n	6	6	5	6	6	5	6	6	5	6	6	6	6	6
			Max.	3.48	2.48	0.25	0.31	0.25	0.02	7.98	6.19	0.49	13.68	526	0.61	0.64	
			Min.	1.43	0.74	0.02	0.13	0.08	0.01	3.34	1.98	0.18	7.38	321	0.35	0.38	
			$\bar{x}$	2.52	1.35	0.13	0.22	0.15	0.02	5.80	3.55	0.35	9.69	395	0.44	0.48	
			σ	0.66	0.62	0.08	0.06	0.06	0.002	1.52	1.41	0.12	2.26	72	0.09	0.09	
		II	n	6	6		6	6		6	6		6	6	6	6	6
			Max.	4.17	2.61		0.33	0.28		8.91	6.73		15.10	523	0.62	0.65	
			Min.	1.88	0.95		0.13	0.09		3.83	2.32		8.40	309	0.34	0.37	
			$\bar{x}$	3.28	1.61		0.22	0.15		6.44	3.89		11.41	382	0.44	0.47	
			σ	0.82	0.58		0.07	0.07		1.73	1.51		2.57	75	0.10	0.10	
22	32.6	I	n	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	
			Max.	4.76	2.76	0.19	0.36	0.28	0.02	9.94	6.75	0.33	15.57	597	0.71	0.74	
			Min.	2.30	0.71	0.001	0.29	0.11	0.01	6.85	2.30	0.13	9.09	404	0.46	0.49	
			$\bar{x}$	3.07	1.77	0.05	0.32	0.2	0.01	8.46	4.68	0.21	12.79	505	0.58	0.62	
			σ	1.72	0.66	0.06	0.02	0.06	0.003	1.0	1.35	0.06	2.08	73	0.09	0.09	
		II	n	8	8		8	8		8	8		8	8	8	8	8
			Max.	6.15	3.53		0.36	0.27		11.20	7.46		17.61	577	0.70	0.73	
			Min.	3.69	0.91		0.27	0.11		7.81	2.53		10.78	378	0.44	0.47	
			$\bar{x}$	4.96	2.26		0.31	0.19		9.45	5.08		14.57	487	0.57	0.52	
			σ	0.79	0.81		0.03	0.05		1.07	1.51		2.16	75	0.10	0.19	
23	27.8	I	n	7	7	4	7	7	4	7	7	4	7	7	7	7	
			Max.	3.72	1.91	0.47	0.33	0.22	0.03	8.34	5.16	0.93	13.05	583	0.64	0.69	
			Min.	2.03	0.59	0.02	0.13	0.06	0.002	4.01	1.51	0.05	6.95	371	0.40	0.44	
			$\bar{x}$	2.77	1.00	0.18	0.23	0.12	0.01	6.15	2.76	0.35	9.27	492	0.55	0.59	
			σ	0.74	0.42	0.18	0.07	0.05	1.01	1.63	1.19	0.34	2.22	68	0.08	0.08	
		II	n	6	6		6	6		6	6		6	6	6	6	6
			Max.	4.68	2.31		0.31	0.21		9.20	5.47		14.53	564	0.63	0.68	
			Min.	2.51	0.62		0.15	0.07		4.68	1.61		7.92	316	0.34	0.38	
			$\bar{x}$	3.42	1.18		0.22	0.12		1.61	2.95		10.59	464	0.52	0.57	
			σ	0.89	0.56		0.06	0.06		1.77	1.35		2.25	80	0.10	0.10	
25	29.9	I	n	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	
			Max.	2.46	1.25	0.25	0.27	0.16	0.03	6.35	3.62	0.68	10.21	483	0.51	0.57	
			Min.	0.78	0.46	0.01	0.11	0.06	0.01	2.42	1.39	0.16	4.49	308	0.34	0.37	
			$\bar{x}$	1.76	0.84	0.08	0.19	0.12	0.02	4.64	2.68	0.31	7.65	385	0.42	0.46	
			σ	0.61	0.30	0.08	0.06	0.04	0.01	1.41	0.81	0.18	2.17	52	0.05	0.06	
		II	n	8	8		8	8		8	8		8	8	8	8	8
			Max.	3.74	1.73		0.25	0.16		7.06	4.00		10.76	379	0.42	0.46	
			Min.	1.50	0.56		0.12	0.08		3.30	1.69		5.78	282	0.31	0.34	
			$\bar{x}$	2.65	1.26		0.19	0.11		5.39	3.10		8.75	337	0.37	0.41	
			σ	0.77	0.35		0.05	0.05		1.42	0.77		1.69	34	0.04	0.04	

Appendix-Table (つづき) (Continued)

原木 番号 Log No.	直径 Log Dia- meter	代表値 Rep- resent ative Fig- ures	収 縮 率 Shrinkage										容 積 重 Density		
			α_1			α_2			α_3						
			t	r	l	t	r	l	t	r	l	v	R	r_0	r_{15}
26	23.5	I	n	6	6		6	6		6	6		6	6	6
			Max.	3.33	1.41		0.32	0.19		7.91	4.17		11.74	480	0.54
			Min.	2.52	0.96		0.22	0.12		5.78	2.86		8.61	356	0.39
			$\bar{x}$	2.89	1.13		0.26	0.15		6.76	3.29		9.88	408	0.45
			σ	0.33	0.15		0.04	0.02		0.83	0.47		1.16	42	0.05
		II	n	6	6		6	6		6	6		6	6	6
			Max.	4.59	1.95		0.31	0.18		9.03	4.57		13.20	469	0.54
			Min.	2.72	1.23		0.21	0.12		6.16	3.04		9.39	350	0.39
			$\bar{x}$	3.74	1.59		0.25	0.14		7.44	3.68		11.36	395	0.45
			σ	0.69	0.25		0.04	0.02		1.19	0.52		1.47	43	0.06
27	34.1	I	n	10	10	9	10	10	9	10	10	9	10	10	10
			Max.	4.34	2.67	0.39	0.35	0.29	0.04	9.22	6.93	0.95	15.43	675	0.8
			Min.	2.41	0.85	0.01	0.19	0.10	0.01	5.15	2.36	0.12	8.35	313	0.34
			$\bar{x}$	3.53	1.59	0.13	0.28	0.17	0.02	7.59	4.15	0.4	11.64	473	0.54
			σ	0.62	0.75	0.14	0.05	0.07	0.01	1.31	1.77	0.27	2.57	131	0.17
		II	n	10	10		10	10		10	10		10	10	10
			Max.	5.62	3.52		0.34	0.28		10.32	7.60		17.39	656	0.79
			Min.	2.82	1.10		0.18	0.10		5.42	2.65		9.62	282	0.31
			$\bar{x}$	4.47	2.03		1.27	0.17		8.34	4.53		13.11	454	0.53
			σ	0.89	0.98		0.05	0.07		1.57	1.91		2.71	132	0.17
28	22.7	I	n	6	6		6	6		6	6		6	6	6
			Max.	4.02	3.06		0.34	0.28		9.03	7.20		15.50	636	0.75
			Min.	2.16	0.66		0.2	0.09		5.05	2.17		7.34	316	0.35
			$\bar{x}$	2.98	1.41		0.26	0.16		6.77	3.70		10.41	422	0.48
			σ	0.70	0.98		0.06	0.08		1.5	2.17		3.26	130	0.17
		II	n	6	6		6	6		6	6		6	6	6
			Max.	5.37	3.42		0.34	0.28		10.13	7.45		16.73	621	0.75
			Min.	2.82	0.82		0.20	0.10		5.83	2.31		9.02	302	0.34
			$\bar{x}$	3.88	1.81		0.26	0.16		7.63	3.99		12.04	406	0.47
			σ	0.95	1.18		0.06	0.08		1.74	2.24		3.28	129	0.17
29	18.3	I	n	3	3	5	3	3	5	3	3	5	3	3	3
			Max.	3.53	2.34	0.43	0.30	0.25	0.05	7.97	6.07	1.12	13.53	557	0.64
			Min.	2.06	1.31	0.001	0.22	0.13	0.01	5.25	3.29	0.15	8.40	407	0.45
			$\bar{x}$	2.67	1.77	0.09	0.25	0.19	0.02	6.34	4.55	0.34	10.58	469	0.53
			σ	0.63	0.43	0.17	0.04	0.05	0.02	1.17	1.15	0.39	2.16	63	0.09
		II	n	3	3		3	3		3	3		3	3	3
			Max.	4.52	3.01		0.31	0.25		9.06	6.65		15.13	544	0.64
			Min.	2.78	1.73		0.20	0.15		5.70	3.91		9.51	391	0.43
			$\bar{x}$	3.51	2.22		0.25	0.19		7.08	5.05		11.86	455	0.52
			σ	0.74	0.57		0.05	0.04		1.44	1.17		2.39	64	0.09

Appendix-Table (つづき) (Continued)

原木 番号 Log No.	直径 Log Dia- meter		代表値 Rep- resent ative Fig- ures	収 縮 率 Shrinkage										容 積 重			
				α_1			α_2			α_3				Density			
				t	r	l	t	r	l	t	r	l	v	R	r_0	r_{15}	
30	29.2	I	n	8	8	6	8	8	6	8	8	6	8	8	8	8	8
			Max.	2.79	1.44	0.60	0.25	0.17	0.06	6.38	3.96	1.54	10.14	615	0.67	0.74	
			Min.	1.15	0.51	0.05	0.10	0.06	0.01	2.71	1.53	0.22	5.59	331	0.36	0.39	
			$\bar{x}$	2.07	0.96	0.23	0.19	0.12	0.02	4.83	2.71	0.59	7.94	449	0.49	0.53	
			σ	0.63	0.32	0.19	0.05	0.04	0.02	1.26	0.81	0.45	1.48	85	0.09	0.10	
		II	n	8	8		8	8		8	8		8	8	8	8	8
			Max.	3.20	1.42		0.27	0.19		7.11	4.22		11.33	432	0.49	0.52	
			Min.	1.58	0.53		0.10	0.07		3.16	1.71		7.20	326	0.35	0.39	
			$\bar{x}$	2.60	1.10		0.20	0.13		5.46	3.00		9.12	380	0.42	0.46	
			σ	0.77	0.30		0.05	0.04		1.33	0.85		1.28	40	0.05	0.05	
31	28.2	I	n	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	
			Max.	2.97	1.96	0.23	0.28	0.23	0.02	6.90	5.30	0.49	11.90	537	0.61	0.65	
			Min.	1.82	0.85	0.03	0.18	0.12	0.004	4.45	2.59	0.15	7.68	328	0.36	0.39	
			$\bar{x}$	2.49	1.30	0.12	0.23	0.16	0.01	5.84	3.65	0.30	9.52	408	0.45	0.49	
			σ	0.41	0.38	0.06	0.03	0.04	0.004	0.74	0.97	0.10	1.27	69	0.08	0.09	
		II	n	6	6		6	6		6	6		6	6	6	6	6
			Max.	3.96	2.47		0.26	0.22		7.71	5.07		14.29	507	0.59	0.63	
			Min.	2.51	1.18		0.17	0.12		4.99	3.08		8.30	318	0.35	0.38	
			$\bar{x}$	3.37	1.64		0.22	0.15		6.57	3.75		10.57	377	0.42	0.46	
			σ	0.48	0.47		0.03	0.03		0.93	0.78		1.98	64	0.08	0.09	
32	29.0	I	n	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	
			Max.	4.79	3.10	0.16	0.36	0.28	0.03	10.00	7.22	0.63	16.61	633	0.76	0.79	
			Min.	1.79	0.63	0.01	0.19	0.13	0.01	4.93	2.51	0.10	7.28	371	0.41	0.45	
			$\bar{x}$	3.21	1.60	0.09	0.27	0.19	0.02	7.21	4.45	0.34	11.49	473	0.61	0.65	
			σ	1.02	0.79	0.06	0.06	0.06	0.01	1.74	1.62	0.15	3.11	192	0.10	0.10	
		II	n	8	8		8	8		8	8		8	8	8	8	8
			Max.	6.23	4.00		0.36	0.29		11.40	8.23		18.59	623	0.77	0.80	
			Min.	2.65	1.25		0.19	0.12		5.40	3.06		8.39	353	0.39	0.43	
			$\bar{x}$	4.37	2.21		0.26	0.19		8.20	5.04		13.10	467	0.55	0.58	
			σ	1.13	0.91		0.06	0.06		1.90	1.72		3.27	98	0.13	0.13	
33	32.0	I	n	8	8	5	8	8	5	8	8	5	8	8	8	8	
			Max.	3.08	1.27	0.18	0.31	0.18	0.02	7.60	3.95	0.49	11.25	570	0.62	0.68	
			Min.	1.45	0.37	0.01	0.16	0.07	0.01	3.84	1.41	0.16	6.14	372	0.40	0.44	
			$\bar{x}$	2.28	0.79	0.10	0.23	0.11	0.01	5.68	2.41	0.27	8.23	446	0.49	0.53	
			σ	0.6	0.28	0.06	0.05	0.04	0.01	1.26	0.81	0.12	2.34	58	0.07	0.07	
		II	n	8	8		8	8		8	8		8	8	8	8	8
			Max.	4.12	1.70		0.30	0.17		8.43	4.26		12.36	472	0.53	0.57	
			Min.	1.99	0.66		0.15	0.07		4.19	1.68		6.91	341	0.37	0.41	
			$\bar{x}$	3.12	1.04		0.23	0.11		6.41	2.74		9.63	394	0.44	0.48	
			σ	0.67	0.32		0.05	0.04		1.33	0.82		1.91	45	0.06	0.06	

Appendix-Table (つづき) (Continued)

原木 番号 Log No.	直径 Log Dia- meter		代表値 Rep- resent ative Fig- ures	収 縮 率 Shrinkage										容 積 重		
				α_1			α_2			α_3				Density		
				t	r	l	t	r	l	t	r	l	v	R	r_0	r_{15}
34	29.5	I	n	7	7	6	7	7	6	7	7	6	7	7	7	7
			Max.	2.96	1.47	0.12	0.27	0.16	0.02	6.86	3.84	0.43	10.46	465	0.52	0.56
			Min.	1.23	0.46	0.003	0.17	0.09	0.01	3.81	1.88	0.12	6.68	342	0.37	0.40
			$\bar{x}$	2.33	0.96	0.05	0.24	0.13	0.01	5.81	2.65	0.24	8.65	420	0.46	0.50
			σ	0.55	0.38	0.04	0.03	0.03	0.004	0.95	0.76	0.10	1.35	41	0.05	0.05
		II	n	8	8		8	8		8	8		8	8	8	8
			Max.	3.48	1.67		0.30	0.18		7.85	4.30		12.53	451	0.52	0.55
			Min.	2.15	0.76		0.20	0.11		5.11	2.46		7.93	317	0.35	0.38
			$\bar{x}$	3.12	1.17		0.26	0.14		6.86	3.26		10.29	380	0.43	0.46
			σ	0.42	0.31		0.03	0.02		0.83	0.65		1.54	51	0.06	0.07
36	16.5	I	n	4	4	2	4	4	2	4	4	2	4	4	4	4
			Max.	3.79	2.72	0.02	0.32	0.26	0.01	8.46	6.55	0.18	13.87	599	0.70	0.73
			Min.	3.22	1.34	0.01	0.26	0.15	0.01	6.98	3.63	0.13	10.54	422	0.47	0.51
			$\bar{x}$	3.46	2.00	0.02	0.29	0.2	0.01	7.64	4.24	0.15	12.27	507	0.58	0.62
			σ	0.2	0.61	0.01	0.02	0.05	0.001	0.54	2.34	0.03	1.55	78	0.10	0.10
		II	n	4	4		4	4		4	4		4	4	4	4
			Max.	4.74	3.15		0.33	0.27		9.47	7.07		17.05	572	0.69	0.73
			Min.	3.95	1.64		0.27	0.16		7.82	3.96		12.42	406	0.46	0.50
			$\bar{x}$	4.34	2.36		0.29	0.21		8.59	5.42		14.76	485	0.57	0.61
			σ	0.32	0.65		0.02	0.05		0.63	1.36		1.85	77	0.10	0.10
37	16.9	I	n	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
			Max.	3.80	2.18	0.09	0.33	0.23	0.01	8.55	5.64	0.3	13.92	542	0.63	0.66
			Min.	2.11	0.86	0.01	0.19	0.12	0.01	4.85	2.64	0.18	8.10	340	0.39	0.43
			$\bar{x}$	2.94	1.47	0.05	0.25	0.16	0.01	6.67	3.86	0.24	10.33	428	0.50	0.54
			σ	0.64	0.48	0.03	0.05	0.04	0.002	1.36	1.10	0.06	2.28	82	0.09	0.09
		II	n	4	4		4	4		4	4		4	4	4	4
			Max.	4.67	2.45		0.37	0.26		10.01	6.25		15.76	526	0.62	0.65
			Min.	2.79	0.87		0.21	0.14		5.86	2.91		9.34	356	0.39	0.43
			$\bar{x}$	3.57	1.49		0.29	0.19		7.84	4.24		11.88	435	0.50	0.53
			σ	0.7	0.59		0.06	0.05		1.56	1.25		2.57	67	0.09	0.09
38	41.7	I	n	8	8		8	8		8	8		8	8	8	8
			Max.	3.32	1.82		0.27	0.16		7.26	4.19		12.21	653	0.70	0.78
			Min.	1.71	0.98		0.14	0.09		3.75	2.34		7.00	375	0.42	0.46
			$\bar{x}$	2.74	1.47		0.19	0.12		5.6	3.25		9.61	483	0.53	0.58
			σ	0.61	0.29		0.04	0.03		1.18	0.62		1.73	100	0.10	0.12
		II	n	8	8		8	8		8	8		8	8	8	8
			Max.	4.09	2.02		0.28	0.18		7.99	4.64		13.87	497	0.54	0.59
			Min.	1.95	1.01		0.13	0.09		3.87	2.91		7.73	357	0.39	0.43
			$\bar{x}$	3.14	1.51		0.21	0.13		6.23	3.46		10.58	411	0.46	0.50
			σ	0.60	0.31		0.05	0.03		1.19	0.63		1.73	44	0.05	0.06

Appendix-Table (つづき) (Continued)

原木 番号 Log No.	直径 Log Dia- meter	代表値 Rep- resent ative Fig- ures	収 縮 率 Shrinkage										容 積 重 Density		
			α_1			α_2			α_3						
			t	r	l	t	r	l	t	r	l	v	R	r_0	r_{15}
39	37.7	I	n	11	11		11	11		11	11		11	11	11
			Max.	4.75	1.69		0.35	0.19		9.73	4.52		13.81	577	0.64
			Min.	1.30	0.39		0.16	0.05		3.64	1.28		5.61	366	0.40
			$\bar{x}$	2.96	0.91		0.25	0.12		6.60	2.71		9.30	450	0.50
			σ	0.97	0.43		0.06	0.04		1.73	1.02		2.45	69	0.08
		II	n	11	11		11	11		11	11		11	11	11
			Max.	5.85	2.29		0.35	0.21		10.90	5.37		15.32	521	0.61
			Min.	2.31	0.99		0.15	0.08		4.52	2.23		7.33	354	0.40
			$\bar{x}$	4.35	1.60		0.27	0.15		8.25	3.79		12.54	415	0.48
			σ	1.08	0.44		0.06	0.04		1.92	0.94		2.23	50	0.07

* 1. 2; 記号については Table 3 参照
See Table 3