木材繊維の形態的特性と紙の性質について

山陽パルプ株式会社総合研究所 守 屋 正 夫

Characteristics of Papers and the Morphological Properties of Woods

Masao Moriya

(Sanyo Pulp Co., Ltd. General Research Laboratory)

The weight volume of wood, WRV of pulp and certain physical properties of paper of some tropical and Japanese hardwoods were studied from the morphological point of view.

Correlation between the ratio of lumen diameter and fiber diameter (l/D) was found to have close relationship to such properties as the weight volume of wood, the water retention value of pulp, the bulk density, stiffness, burst factor, breaking length, folding number and air permeability of paper. And the correlation between the ratio of fiber length and fiber diameter (L/D) and the tear factor of paper was revealed.

Thus it may be possible to estimate the quality of pulpwoods and to improve the characteristics of papers by making use of these fiber dimension ratios as indices.

要 旨

南方産広葉樹ならびに日本産広葉樹を対象に選り、繊維の形態的特性と、木材の容積重、パルプの保水性および紙葉の強度的特性との関係について検討を行なった。その結果繊維ディメンションの組み合わせ比、特にルーメン幅/繊維幅の比 (l/D) は、木材の容積重、パルプの保水性、紙の緊度、剛度、力比、裂断長、耐折度、透気度などと相関関係が成立する。また繊維長/繊維幅の比 (L/D) は比引裂き度と相関関係が得られる。従ってこれらの繊維ディメンション比を指標にして、パルプ原木の品質の評価ならびに紙葉の品質を改善するための手掛りを得ることが可能となろう。

I 緒 言

一般に紙の特性はそれを構成する原料パルプの形態的あるいは化学的性質によって、色々な影響を受ける。そのため影響の程度や本質については、過去幾多の研究者により研究され、また今日もなお研究課題に取りあげられている。例えば影響を及ぼす要因として、ヘミセルロースの量ならびに種類、リグニン量、各成分の分布状態、重合度、単繊維強度、膨潤性、乾燥による角質化、繊維の長短、細胞膜の厚さ、フィブリル角、あるいはこれら要因の相互作用など、多くの因子が考えられる。紙の性質に対する繊維の形態的特性の重要性については、Tappi Forest Biology Committee⁽¹⁾でも述べられているが、従来紙の強度については、主として繊維の長さに関連があり、長繊維をふくむパル

プは、良質の紙を造るであろうという一般的な概念に左右されていた。しかし、Peteri⁽²⁾ は、アフリカの *Dacryodes Klaineana* が短繊維からなるにもかかわらず、これを原料とする紙は十分な強度を持っていることを示した。今村⁽³⁾、Holzer⁽⁴⁾ らは原木から春材と夏材を分離し、これらを別々にパルプ化して両者の特性を比較した。それによると夏材からのパルプは、春材に比べて難叩解性である。また夏材パルプから作った紙は高い引裂き強度をもっているが、引張りや破裂強さは低く、多孔性でかき高い紙を作る。一方春材パルプから作った紙は叩解によって紙力が大きく向上し、引張りや破裂強さは高く、引裂き強さは低いが、緻密で地合のよい紙を作ることを認めている。その他原木の繊維組成と紙力の関係について裂断長と力比は、夏材の割合に逆比例するという見解も示されている⁽⁵⁻⁷⁾。

また Hägglund⁽⁸⁾によれば繊維の直径に対する長さの比は、紙の強度に重要な影響を及ぼすとのべている。Runkel⁽⁹⁾ らは広葉樹から作られたパルプの製紙性質について検討を行ない。一般に繊維膜の厚さと内腔の直径との関係、すなわち $2W/l$ (ここで W は繊維膜の厚さ、 l はルーメンの幅) の比が1より大きい場合には、製紙のためには適当でなく、1より小さい繊維が製紙原料として、良好であることを認めている。さらに Watson⁽¹⁰⁾ らは繊維の幅とルーメンの幅の比が、紙の性質に関係があるとのべている。また Dinwoodie⁽¹¹⁾ は紙の性質と木材繊維の化学的および形態的特性との関係について、最近に至るまでの主な文献を照会しているが、いづれも繊維長単独では、紙質に寄与

する繊維の重要な特性を、充分表わし得ないことを認めており、その他の繊維の形態的特性、すなわち繊維幅、ルーメン幅、繊維膜厚などの果たす役割についての認識が高まってきている⁽¹²⁻¹⁶⁾。

本研究では南方産ならびに日本産の色々な広葉樹の繊維の繊維長、繊維幅、ルーメン幅、繊維膜厚のような繊維の形態的特性が、クラフトパルプより作った紙の性質におよぼす影響を検討するため、特に各繊維のディメンションの組み合わせを選択し、これらの因子と原木ならびに紙の性質との関連性を求めた。

II 供試材および実験方法

1. 供 試 材

南方材として 28 種類の広葉樹をフィリッピンから入手した。これらのうち大部分は、ふたばがき科に属するものであるが、その他に、しなのき科、かきのき科、きょうちくとう科、ふとと科などに属するものもある⁽¹⁷⁾。また樹種名は学名のくわしくないものもあるため、地方名をそのまま用いた。日本産材は主として本邦西部地区の九州、四国、中国地方から集めた広葉樹を対象にした。

2. 実 験 方 法

容積重、繊維長、木材分析——Tappi Standard 法を準用した。

保水性——各樹種より Wise 法によりホロセルロースを調製し Jayme⁽¹⁸⁾らの方法を準用した。すなわち繊維構造の影響をより拡大するため、水の代りに水より膨潤能力の大きい 17.5% 酸性ソーダ液に浸漬した後、1,000 G で 10 分間遠心分離を行ない絶乾パルプ重量に対する膨潤パルプ重量の比を求め保水性として示した。蒸解条件——内容 51 のステンレス製オートクレーブを使用し、標準的サルフェート法蒸解条件として、最高温度 165°C、最高温度保持時間 1.5 時間、薬品添加 20%、硫化度 25%、液化 4.0 で蒸解した。漂白条件——漂白は塩素—アルカリ—カルシュームハイポーアルカリ—二酸化塩素の 5 段階漂白を行なった。紙質試験——晒パルプを用い JIS 法に従いボールミルで叩解した後、手抄きシートを作り濾水度 210cc、坪量 60g/m² の諸強度を求めた。

繊維ディメンション——木材分析ならびに蒸解用チップを採取した部位に近接した所より 1 枚の円板を切り取り、髓から外部に向かって 6 ケの 1 cm 角のブロックを作り、これを水で充分煮沸した後、酢酸、過酸化水素、水 (15: 20: 20) の組成からなる軟化液に室温で数日間浸漬し軟化する。次にこの軟化したブロックを水洗した後、パラフィンで包埋し厚さ 16 μ 前後の薄

い横断切片を作り、エタノール、キシレンの順に切片を浸漬して切片からパラフィンを除いた後、マラカイトグリーンで染色し、カナダバルサムで封入してプレパラートを作る。各ブロックより作ったプレパラートより拡大倍率 500 倍の写真を取り、繊維幅ならびにルーメン幅は切線方向に対して測り、また繊維膜厚は半径方向についてそれぞれ 1,000 本の繊維を測り平均値を求めた。従って測定した繊維幅、ルーメン幅、繊維膜厚は生材そのままではないが、繊維に対して膨潤力の弱いエタノールやキシレンなどの透徹剤を用いたので、繊維細胞は膨潤収縮などの大きな変形を受けていないものと思う。

III 実験結果および考察

1. 繊維ディメンションと木材および紙の性質との関係

第 1～2 表には南方産ならびに日本産の広葉樹の容積重、パルプ品質、紙質、繊維ディメンションの概要を示した。次にこれらの数値を基にし木材ならびに紙の性質と繊維の形態的特性との関連性について検討してみた。

その結果それぞれの木材ならびにそれを原料として、作った紙の性質は、各樹種について測定した個々の繊維ディメンションをそのまま用いて検討するよりも、繊維構造に関連のある繊維の幅、膜厚およびルーメン幅などのディメンションを組み合わせた比 $\bar{l}/\bar{D}$ (ここで $\bar{l}$ は平均ルーメン幅、 $\bar{D}$ は平均繊維幅を示す。) によって示す方がより関連性が大きいことを認めた。しかし引裂き強度については、繊維幅に対する繊維長の比 $\bar{L}/\bar{D}$ (ここで $\bar{L}$ は平均繊維長、 $\bar{D}$ は平均繊維幅を示す。) の組み合わせの方が関連性が大きかった。そのため繊維特性と各原木ならびに紙の品質特性について、次のような因子間の相関と回帰を求めた。すなわち X = ルーメン幅/繊維幅 $\bar{l}/\bar{D}$ に対してそれぞれ Y = 容積重、保水性、緊度、剛度、力比、裂断長、耐折度、透気度、また X = 繊維長/繊維幅 $\bar{L}/\bar{D}$ に対して Y = 比引裂き度を設定した。またさらに紙質とペントザン量など化学的成分との関係についても調べたが、あまり明確な関連性は得られなかった。

2. ルーメン幅/繊維幅 $\bar{l}/\bar{D}$ と容積重間の関係

第 1、2 図には南方産ならびに日本産広葉樹の繊維ディメンション比 $\bar{l}/\bar{D}$ と容積重間の関係を示した。南方産広葉樹、日本産広葉樹いづれの場合でも、原木の容積重が増加すると、繊維ディメンションの比 $\bar{l}/\bar{D}$ が小さくなる。すなわち厚木はルーメン幅がせまく繊維膜厚の厚い繊維から構成されるようになり、材質は

第1表 南方産広葉樹の容積重、繊維長、紙質および繊維ディメンション

樹 種	直 径 (cm)	容積重 (g/cm ³)	繊維長 (mm)	晒パルプ		緊 度 (g/cm ³)	剛 度 (g·cm)	力 比	裂 断 長 (km)	耐折度 (回)	透気度 (sec)	比 引 度	繊維幅 (μ)	ルーメン 幅 (μ)	繊維厚 (μ)	ルーメン 幅 繊維幅 (U/D)	繊維長 繊維幅 (L/D)
				白色度 (%)	粘 度												
Anabiong	24	0.29	1.4	85.1	9.1	0.82	0.66	5.9	8.4	2,754	1,092	73	28	23.2	2.4	0.83	50.0
Apitong	11	0.58	1.8	85.3	9.0	0.67	0.74	4.4	6.4	300	32	150	17	9.0	4.0	0.53	105.9
Arek (Lohtob)	27	0.30	1.2	86.3	6.8	0.81	0.69	5.7	8.2	1,880	1,379	76	33	27.0	3.0	0.82	36.4
Bacnotan	27	0.32	2.1	86.7	9.0	0.71	0.66	4.7	6.9	590	259	116	23	16.4	3.3	0.71	91.3
Balobo	28	0.60	1.8	89.1	6.2	0.71	0.80	4.5	6.2	194	33	129	15	7.0	4.0	0.47	120.0
Balococ	26	0.46	1.8	64.7	7.4	0.71	0.76	5.3	7.3	400	67	110	15	11.0	2.0	0.73	120.0
Balungay	24	0.83	1.0	74.8	7.7	0.62	0.94	3.0	6.0	75	54	95	15	4.2	5.4	0.28	66.7
Bolong-etang Puti	29	0.63	1.4	87.9	7.6	0.66	0.72	4.0	6.0	250	19	113	15	6.0	4.5	0.40	93.3
Bulong-eta	24	0.68	1.1	86.8	8.8	0.69	0.70	4.2	6.2	135	18	117	12	6.4	2.8	0.53	91.7
Cabitong	27	0.62	2.0	84.5	8.5	0.66	0.74	3.8	6.0	120	27	112	30	20.0	5.0	0.67	66.7
Cele-cele	23	0.63	1.6	80.0	10.1	0.66	0.80	3.2	5.0	135	21	123	20	9.0	5.5	0.45	80.0
Gubas	22	0.32	2.6	85.2	9.1	0.75	0.66	4.8	7.0	1,030	800	88	35	29.4	2.8	0.84	74.3
Kāmatōg	33	0.51	0.9	87.2	7.3	0.71	0.76	4.8	7.4	350	54	94	22	15.6	3.2	0.71	40.9
Lanete	25	0.49	2.2	86.7	8.0	0.60	0.66	2.4	4.1	90	40	96	23	3.0	10.0	0.13	95.7
Makaasim	30	0.43	2.6	86.0	7.2	0.66	0.72	4.1	5.8	270	45	133	35	22.0	6.5	0.63	74.3
Malaboyog	30	0.61	1.5	86.2	8.9	0.76	0.72	4.4	6.5	240	110	114	13	6.8	3.1	0.52	115.4
Malaikmo	26	0.72	2.6	66.7	8.1	0.59	0.85	3.0	5.1	156	17	159	18	2.8	7.6	0.16	144.4
Malaruhāt	27	0.71	2.3	84.1	12.7	0.65	0.76	4.0	5.6	308	38	150	18	6.0	6.0	0.33	127.8
Mānggāchapui	23	0.65	1.2	86.7	12.5	0.65	0.84	3.5	5.4	105	17	114	17	5.4	5.8	0.32	70.6
Margapalo	24	0.58	1.8	85.3	11.1	0.64	0.79	3.8	5.5	160	35	126	23	13.0	5.0	0.57	78.3
Mayapis	27	0.38	1.8	84.0	9.9	0.75	0.73	4.5	7.0	430	98	122	20	13.6	3.2	0.68	90.0
Pahunan	29	0.53	1.4	88.6	6.9	0.74	0.71	5.0	7.3	330	31	92	18	14.0	2.0	0.78	77.8
Palc-palac	24	0.46	2.0	81.9	6.1	0.68	0.71	3.3	5.4	180	219	118	20	10.8	4.6	0.54	100.0
Red lauan	30	0.44	2.0	84.7	8.6	0.74	0.67	4.5	6.5	390	101	114	22	16.4	2.8	0.75	90.9
Red nato	22	0.84	1.1	76.3	8.3	0.63	0.90	3.1	5.1	15	7	106	14	4.8	4.6	0.34	78.6
Supa	25	0.63	1.5	81.9	10.0	0.72	0.82	4.9	7.3	320	39	98	17	10.2	3.4	0.60	88.2
Tāngile	24	0.40	1.6	85.5	9.3	0.70	0.81	4.5	6.7	310	43	122	27	16.2	5.4	0.60	59.3
White lauan	23	0.44	1.3	88.1	9.4	0.77	0.72	5.5	7.5	630	77	102	19	16.0	1.5	0.84	68.4

Fig. 1 Correlation between the weight volume of tropical hardwoods and the ratio of lumen diameter to fiber diameter.

Fig. 2 Correlation between the weight volume of Japanese hardwoods and the ratio of lumen diameter to fiber diameter.

第2表 日本産広葉樹の容積重、繊維長、保水性、紙質、および繊維ディメンション

樹 種	容積重 (g/cm ³)	繊維長 (mm)	晒 パ ル プ		保水性	緊 度 (g/cm ³)	力 比	裂断長 (km)	耐折度 (原)	透気度 (sec)	比 引 度	繊維幅 (μ)	ルーメ ン幅 (μ)	繊維厚 (μ)	ルーメ ン幅 繊維幅 (U/D)	繊維長 繊維幅 (L/D)
			白色度 (%)	粘 度												
あかめがしわ	0.40	1.20	—	—	3.56	—	—	—	—	—	—	20.7	17.2	1.7	0.83	58.0
あべまき	0.73	1.11	88.0	10.2	2.54	0.55	3.5	5.80	320	6.4	106.6	16.2	5.0	5.6	0.31	68.5
あらかし	0.67	0.92	—	—	3.11	—	—	—	—	—	—	16.1	8.6	3.7	0.53	57.1
いすのき	0.68	1.45	86.5	9.6	2.88	—	—	—	—	—	—	17.2	5.4	5.9	0.31	84.3
うりはだかえ	0.50	0.65	88.5	8.1	3.66	0.72	5.5	7.80	420	23.0	78.0	18.5	13.4	2.6	0.72	35.1
えごのき	0.51	1.50	89.0	8.2	3.56	0.72	5.6	7.83	1,170	67.0	100.7	20.9	15.1	2.9	0.72	71.8
かえで	0.57	0.64	—	—	3.30	—	—	—	—	—	—	17.0	9.1	3.9	0.54	37.6
かし	0.67	1.05	88.0	10.1	2.74	0.58	4.9	6.98	370	9.4	102.4	16.1	8.6	3.7	0.53	65.2
からすさんしょう	0.42	0.87	87.5	7.3	—	0.77	5.5	8.70	970	69.0	73.4	18.6	15.6	1.5	0.84	46.8
きはだ	0.49	1.00	—	—	3.66	—	—	—	—	—	—	18.9	14.0	2.4	0.74	52.9
くす	0.47	0.84	82.5	8.6	3.49	0.69	4.3	6.30	470	73.0	92.4	21.5	14.7	3.4	0.68	39.1
くぬぎ	0.73	1.05	88.0	11.3	2.63	0.55	3.5	5.55	320	6.4	100.0	14.9	5.6	4.7	0.38	70.5
くり	0.47	0.74	87.5	10.0	3.15	0.66	4.5	6.57	470	32.0	96.3	18.4	12.6	2.9	0.68	40.2
けやき	0.60	1.41	—	—	3.01	—	—	—	—	—	—	11.0	4.7	3.1	0.43	128.2
さかき	0.54	1.17	85.5	8.3	—	0.65	4.8	6.85	520	39.0	123.0	22.8	14.6	4.1	0.64	51.3
しい	0.48	0.96	87.5	6.6	3.46	0.68	5.4	7.60	870	44.0	94.7	19.3	15.1	2.1	0.78	49.7
しで	0.54	0.93	87.5	8.3	3.27	0.75	5.2	7.90	970	37.0	97.5	22.0	15.2	3.4	0.69	42.3
そよご	0.65	1.20	87.0	8.5	3.09	0.64	4.9	6.80	1,270	38.4	107.8	22.2	13.2	4.6	0.59	54.0
たぶ	0.54	0.60	87.5	7.5	3.83	0.78	4.7	7.15	370	50.0	65.7	20.5	14.8	2.9	0.72	29.3
とちのき	0.53	1.03	—	—	3.52	—	—	—	—	—	—	18.6	13.9	2.4	0.75	55.4
なら	0.70	1.10	87.0	8.7	2.63	0.61	4.0	6.33	350	16.3	97.5	16.2	7.7	4.2	0.48	67.9
ぬるで	0.51	0.84	—	—	3.88	—	—	—	—	—	—	18.8	14.8	2.0	0.79	44.7
ねむのき	0.50	0.85	—	—	3.34	—	—	—	—	—	—	20.6	16.6	2.0	0.81	41.3
ねじ	0.62	1.00	—	—	3.22	—	—	—	—	—	—	18.2	7.7	5.3	0.42	55.0
のぶ	0.56	1.08	88.0	8.5	3.05	0.64	3.5	6.35	330	14.7	107.8	16.5	7.9	4.3	0.48	65.5
はんのき	0.39	1.20	—	—	3.91	—	—	—	—	—	—	20.3	15.5	2.4	0.76	59.1
はいのき	0.51	1.60	—	—	3.22	—	—	—	—	—	—	21.2	11.3	5.0	0.53	75.5
はぜのき	0.48	0.68	87.5	7.9	3.74	0.65	6.1	8.70	520	35.3	86.7	16.4	12.2	2.1	0.74	41.5
ぶなき	0.58	1.02	87.5	8.0	3.04	0.62	3.8	6.10	340	20.5	99.1	18.4	8.4	5.0	0.46	55.4
ほおのき	0.42	1.01	88.5	7.2	3.82	0.67	4.5	6.55	410	42.0	107.0	24.5	17.3	3.6	0.71	41.2
みずき	0.48	1.75	—	—	3.42	—	—	—	—	—	—	21.9	14.0	3.9	0.64	79.9
みずめ	0.58	1.19	86.0	9.3	3.19	0.73	5.8	8.05	1,770	153.0	82.0	17.6	12.6	2.5	0.72	67.6
もみじ	0.63	1.24	87.5	6.5	—	0.58	4.2	6.04	370	15.0	136.2	15.7	10.0	2.9	0.64	79.0
やまもも	0.53	1.58	—	—	3.44	—	—	—	—	—	—	20.9	14.0	3.5	0.67	75.6
りょうぶ	0.52	1.50	86.5	9.0	3.35	0.74	5.9	7.70	2,070	163.0	115.4	19.0	12.6	3.2	0.66	78.9

緻密で密度が大となる。反対にルーメン幅が大きく繊維膜厚のうすい繊維から構成された木材は容積重が低い傾向がある。

南 方 材 日 本 産 材

相関係数 $r = -0.73$ $r = -0.83$

回帰直線 $X = -0.982Y + 1.09$ $X = -1.425Y + 1.40$

$Y = -0.545X + 0.85$ $Y = -0.48X + 0.84$

またこれら因子間には道管や、ある程度の柔細胞組織によっても影響をうけるが、高い負の相関関係が得られる。従って大部分の木材については繊維幅に対す

るルーメン幅の比 $\bar{L}/\bar{D}$ から容積重が推定出来るとともに、容積重から繊維ディメンションの比 $\bar{L}/\bar{D}$ が推定出来る。

3. ルーメン幅/繊維幅 $\bar{L}/\bar{D}$ と保水性との関係

水中に懸濁した繊維は著しく水の流動性を変化させるので懸濁した繊維の性質は、抄紙工程でのワイヤー上における水切れや紙質に密接な影響を与える重要な因子となる。すなわち水の流動性は繊維の色々な特性によって大きく変化することは、充分理解されうることであるが、そのうちでも繊維の長さ、繊維の柔軟性

ならびに可撓性は、最も大きな要因であるといわれている。ここでは各樹種よりホロセルロースを調製し、その保水性⁽¹⁸⁾と繊維の形態的特性間の関係を調べてみた。その結果両因子間には第3図に示されるように高い正の相関関係が得られた。

日本産材
相関係数 $r = 0.84$
回帰直線 $X = 0.355Y - 0.56$
 $Y = 1.99X + 2.09$

一般に繊維幅に対するルーメン幅の比の小さい繊維は、ルーメン幅がせまく繊維膜厚が厚い。そのためこのような形態構造を取る繊維の横断面は、円形を呈し硬直となる。従ってこの比が小さくなると、単繊維間の接触面積は漸次減少し間隙が増加する。そのため水は繊維間に保持され難くなり保水性は低下する。一方ルーメン幅が大きく膜厚のうすい繊維は、柔軟性に富み帯状の形態構造を取る。従ってこのような繊維は繊維間の接触面積は大きくなり、繊維間に保持された水は流動し難くなる。またこの場合内腔に保持される水の量も、内腔の大きさにより異なり無視し難い要因となると考えられるが、一般にはこの比が増すと保水性は増加の傾向を取るようになるであろう。なおここで南方材についてはこれらの関係を示さなかったが、いづれも日本産材と同様にルーメン幅のせまい繊維膜厚の厚い繊維は保水性が低く、この比が大きくなるに従い高い保水性を示す傾向が認められた。またこれらの関係を溶解用パルプのアルカリセルロースの圧搾の難易について、形態的特性との関係を比較検討したが、その結果これらの特性が少なからず影響をおよぼすことを認めた。

Fig. 3 Correlation between the alkali retention value of Japanese hardwoods and the ratio of lumen diameter to fiber diameter.

4. ルーメン幅/繊維幅 $\bar{l}/\bar{D}$ と緊度間の関係

第4, 5図は坪量 $60\text{g}/\text{m}^2$ 、濾水度 210cc における手抄シートの緊度と繊維特性間の関係を示したものである。

	南方材	日本産材
相関係数	$r = 0.84$	$r = 0.79$
回帰直線	$X = 2.89Y - 1.45$ $Y = 0.243X + 0.56$	$X = 1.455Y - 0.34$ $Y = 0.432X + 0.37$

南方材ならびに日本産材ともいづれも高い正の相関関係が示される。繊維幅に対するルーメン幅の比が小さい繊維は円型をなし、柔軟性が小さいので叩解性に乏しく潰れ難い。そのためこのような繊維から作ったシートは、必然的に繊維間の空隙が多く紙の密度は減少する傾向を示すであろう。一方繊維幅に対するルーメン幅の比が大きい繊維は柔軟性に富み、叩解により潰されやすい。従ってこのような繊維から作ったシートでは単繊維間の接触面積が増大し繊維間隙は減少する。そのためシートの密度は上昇し高い緊度のシートを形成するようになる。

Fig. 4 Correlation between the bulk density of tropical hardwoods and the ratio of lumen diameter to fiber diameter.

Fig. 5 Correlation between the bulk density of Japanese hardwoods and the ratio of lumen diameter to fiber diameter.

5. ルーメン幅/繊維幅 $\bar{l}/\bar{D}$ と剛度間の関係

日本産材の繊維ディメンションと剛度間関係については省略したが、南方材について関係を調べてみると高い負の相関関係が示される。(第6図)

南方材

相関係数 $r = -0.78$

回帰直線 $X = -2.2Y + 2.22$

$Y = -0.28X + 0.91$

すなわち繊維幅に対するルーメン幅の比が小さい円型の繊維は、繊維の内外層の圧縮や伸長に対する能力が大きく剛度が高い。一方ルーメン幅が大きく繊維膜厚がうすい繊維は柔軟性が大きいので、圧縮や伸長に対する能力が低下する。

Fig. 6 Correlation between the stiffness of tropical hardwoods and the ratio of lumen diameter to fiber diameter.

6. ルーメン幅/繊維幅 $\bar{l}/\bar{D}$ と力比間の関係

第7, 8図には南方材ならびに日本産材の繊維ディメンションと力比との関係を示した。

南方材

日本産材

相関係数 $r = 0.85$

$r = 0.80$

回帰直線 $X = 0.19Y - 0.25$

$X = 0.123Y + 0.047$

$Y = 3.80X + 2.1$

$Y = 5.16X + 1.50$

いずれも高い正の相関関係が示される。従ってこの比が増減すると繊維の柔軟性やつぶれやすさが変わり、繊維間の結合面積やシートの地合などに影響を与え、紙の破裂強度が支配されるものと考えられる。そのためこの比が大きい繊維から作られたシートは、その大部分にわたって破壊の応力を分散させることのできる結合が与えられ、紙は望ましい紙力を得るであろう。

一方この比が小さくなると紙の強度は、漸次低下の傾向をたどる。従って化学的成分の変動は無視することが出来ないが、紙の引張り強さや伸びに対しては繊維

維持性の比が強く関係しているといえよう。

Fig. 7 Correlation between the burst factor of tropical hardwoods and the ratio of lumen diameter to fiber diameter.

Fig. 8 Correlation between the burst factor of Japanese hardwoods and the ratio of lumen diameter to fiber diameter.

7. ルーメン幅/繊維幅 $\bar{l}/\bar{D}$ と裂断長間の関係

かつては紙の引張り強さと破裂度は他の主要な強度特性と同じく、主に繊維長⁽¹⁹⁾によって支配されると一般に考えられていた。しかし今日ではこれら紙の性質は、繊維の柔軟性⁽¹²⁾とシートの厚さ⁽²⁰⁾に依存していることが明らかにされており、繊維間結合の量と質が引張りに影響する最も重要な因子であると考えられている。

第9, 10図には南方材ならびに日本産材の繊維ディメンションの比と裂断長との関係を示した。いずれの場合にもこれら因子間には高い正の相関関係が示され

る。

	南方材	日本産材
相関係数	$r = 0.80$	$r = 0.79$
回帰直線	$X = 0.153Y - 0.41$ $Y = 4.163X + 4.05$	$X = 0.109Y - 0.13$ $Y = 5.737X + 3.41$

またこれらの関係は前述の力比の場合と同様に、繊維のディメンション比が大きくなるに従って紙の強度も向上する傾向が認められ、繊維ディメンションの比が、これらの因子と関係のあることを示している。

Fig. 9 Correlation between the breaking length of tropical hardwoods and the ratio of lumen diameter to fiber diameter.

Fig. 10 Correlation between the breaking length of Japanese hardwoods and the ratio of lumen diameter to fiber diameter.

8. ルーメン幅/繊維幅 $\bar{l}/\bar{D}$ と耐折度間の関係

第 11, 12 図には南方材ならびに日本産材の繊維ディメンション比と耐折度との関係を示した。

Fig. 11 Correlation between the folding number of tropical hardwoods and the ratio of lumen diameter to fiber diameter.

Fig. 12 Correlation between the folding number of Japanese hardwoods and the ratio of lumen diameter to fiber diameter.

	南方材	日本産材
相関係数	$r = 0.53$	$r = 0.40$

南方材ならびに日本産材ともかなりの正の相関関係が示される。しかしここでこれら因子間の関係は、前述の関連性とはやや異なる傾向が示される。すなわち繊維幅に対するルーメン幅の比が一定の値以上になると、耐折度は急に上昇する。そしてこの上昇の起る点は相対的に平均繊維長の長い南方材の方が、日本産材よりやや大きい比の所で起る。従って紙の耐折度は Clark⁽²¹⁾ にも述べているように、繊維の膜厚、秋材率、

繊維の剛度、繊維長、繊維の柔軟性など、多くの因子の相互作用により影響を受けるものと考えられ、直接的な関係は十分に示し得ない。

9. ルーメン幅/繊維幅 $\bar{l}/\bar{D}$ と透気度間関係

第13, 14図には南方材ならびに日本産材の繊維ディメンション比と透気度間関係を示した。これら因子間にはかなりの正の相関関係が示される。しかしこれ

南方材 日本産材

相関係数 $r=0.49$ $r=0.49$

ら因子間関係は前述の耐折度の場合と同様に、繊維ディメンション比が一定値以上になると、透気度はこの比に影響されることなく急に上昇する。従って紙の透気抵抗は耐折度と同様に多くの形態的因子の影響を受けるものと考えられ、直接的な関係は示し得ない。

Fig. 13 Correlation between the air permeability of tropical hardwoods and the ratio of lumen diameter to fiber diameter.

Fig. 14 Correlation between the air permeability of Japanese hardwoods and the ratio of lumen diameter to fiber diameter.

10. 繊維長/繊維幅 $\bar{L}/\bar{D}$ と比引裂き度間関係

紙の引裂き強度は繊維長、繊維の数、繊維間の結合面積、あるいは繊維幅に対する繊維長の比などの要因が関与するといわれている⁽²²⁻²³⁾。南方材ならびに日本産材について繊維のディメンション比、すなわち繊維幅に対するルーメン幅の比と引裂き強度との関係を調べたが、前述のような紙質間との関連性は得られなかった。そのため引裂き強度には特に繊維ディメンション組み合わせ比を変更し、繊維幅に対する繊維長の比を取り、これら因子間の相関関係を求めた。第15, 16図にはこれら因子間関係を示した。

南方材 日本産材

相関係数 $r=0.74$ $r=0.60$

回帰直線 $X=0.909Y-16.61$ $X=0.568Y-0.917$

$Y=0.60 X+61.3$ $Y=0.64 X+63.33$

両者の因子間にはいずれもかなり高い正の相関関係が示される。すなわち繊維幅に対する繊維長の比が大

Fig. 15 Correlation between the tear factor of tropical hardwoods and the ratio of fiber length to fiber diameter.

Fig. 16 Correlation between the tear factor of Japanese hardwoods and the ratio of fiber length to fiber diameter.

きくなるに従い引裂き強度は上昇する。一方この比が小さくなると強度は低下する。従って紙の引裂き強度はこの比の増減によってかなりの影響を受け関連性が深い。

11. 繊維特性と原木の容積重ならびに紙質の関係

前述のこれら一連の研究結果は南方産広葉樹ならびに日本産広葉樹を含む広範囲の原木の容積重、あるいはこれらを原料として造られたクラフトパルプの紙質特性が、いづれも繊維の形態的特性と深い関連性があることを示している。すなわちこれらの関係を要約して示す次のような関係が得られる。

すなわち原木の容積重や紙の性質は非常に多くの因子によって影響を受けるが、これら多くの要因のうち、繊維幅に対するルーメン幅の比、あるいは繊維幅に対する繊維長の比は、これらの諸性質との関連性を決定するのに非常に重要なものであることが判明した。ここで容積重は繊維幅に対するルーメン幅の比に直接関係している。この比が小さくなると原木の繊維はルーメン幅が小さくなり膜厚が厚くなる。従って単位容積当りの填充密度は大となり容積重は増加する。パルプの保水性は繊維幅に対するルーメン幅の比によって決定される。この比が増すと繊維はルーメン幅が大きく膜厚がうすくなり柔軟性となる、従って繊維間の接触面積が増加し繊維間に保持された水の離脱が抑制される。またルーメン腔中に保持された水の量も影響をおよぼし重要であるように考えられる。紙の緊度は繊維幅に対するルーメン幅の比に強く相関している。この比が増すと繊維は叩解によってつぶされやすくなり、繊維間の結合面積が増加し地合が良好となり緊度は高くなる。

剛度は繊維幅に対するルーメン幅の比によって決定される。この比が増すと繊維は柔軟性が大きくなり、圧縮や伸長に対する能力が低下し紙の剛度は小さくなる。力比、裂断長は繊維幅に対するルーメン幅の比に高度に相関している。この比が増すと繊維は叩解によ

ってつぶれやすくなる。従って紙の構成単位である単繊維間の結合面積が増加し紙力は向上する。耐折度、透気度に関しては多くの因子に依存していることが見出され明確な結論は下せ得ないが、繊維幅に対するルーメン幅の比は重要な指標であるように思われる。比引裂き度は繊維幅に対する繊維長の比によって充分説明できる。すなわち引裂き強度は繊維の絡み合い性が大きく影響している。従ってこの比が増すと紙の引裂強度は増加するようになる。以上これらの結果は繊維の形態的特性が、原木の容積重や紙の性質に予想以上に影響することを示している。そして重要性を示す繊維の形態的特性は、各繊維ディメンション単独の場合よりもディメンションの組み合わせにより表された特性比の方が、より関連性が深いことを示している。従ってこれらの繊維特性のデータから原木の容積重、あるいは紙の性質の予想、または紙質を改善するための手掛りをうることが可能となろう。またこれらの検討はさらにパルプの叩解性、伸縮性、光学的性質、製造法が、アルカリまたは酸性蒸解法によるかの相違、あるいは針葉樹やその他の植物性原料繊維についても、さらに注意をむけるべきであり、検討する必要がある。

IV 総 括

南方産広葉樹ならびに日本産広葉樹を対象にして繊維の形態的特性と木材の容積重パルプの保水性および紙葉の強度的特性間の関係について検討を行なった。その結果大抵の樹種の場合に次のような関連性が得られる。

1. 繊維のディメンション比に繊維幅に対するルーメン幅の比は、木材の容積重、パルプの保水性、紙の緊度、剛度、力比、裂断長、耐折度、透気度などの性質間に、相関関係が成立する。
2. 繊維幅に対する繊維長の比は、紙の比引裂き度との間に相関関係が示される。
3. 従ってこれらの繊維ディメンション比を指標にし、パルプ用原木の品質の評価ならびに紙葉の性質を改善するための手掛りを得ることが可能となろう。

引用文献

- (1) Tappi Forest Biology Committee Tappi 43 40A (1960)
- (2) R. Peteri, Tappi 35 157 (1952)
- (3) 今村, 繊維誌 9 11 (1952)
- (4) W.F. Holzer & H. F. Lewis, Tappi 33 110 (1950)
- (5) M. W. Bray & C. F. Curran, Paper Trade J. 105 (20) 39 (1937)
- (6) C. F. Curran, Paper Trade J. 106 (23) 1 (1938)
- (7) G. H. Chidester & J. N. McGovern, Paper Trade J. 107 (13) 24 (1938)
- (8) E. Hägglund "wood chemistry"

- (9) R. O. H. Runkel, Das Papier 3 476 (1949)
 (10) A. T. Watson & I. G. Hodder APPITA Proc. 6 290 (1954)
 (11) J. M. Dinwoodie, Tappi 48 440 (1965)
 (12) F. N. Tamolong & F. F. Wangaard, Tappi 44 201 (1961)
 (13) F. F. Wangaard, Tappi 45 548 (1962)
 (14) A. Mottet, Svensk PT 66 521 (1963)
 (15) J. M. Dinwoodie, Tappi 49 57 (1966)
 (16) F. F. Wangaard, R. M. Kellogg & A. W. Brinkley J. R. Tappi 49 263 (1966)
 (17) 会田貞助: 南洋材の知識
 須藤彰司: 南洋材の知識
 農林省林業試験場木材部編: 南洋材 1000 種
 (18) T. Höpner, G. Jayme & J. Virich, Das Papier 9 476 (1955)
 (19) W. F. Holzer P.P.M.C. 51 163 (1950)
 (20) B. Malmberg, Svensk PT 67 69 (1964)

- (21) J. d. A. Clark, Paper Trade J. 115 (26) 36 (1942)
 (22) J. Casey "Pulp and Paper Vol. II"
 (23) 戸田, 木島 紙パ技誌 15 255 (1961)

(原稿受付 昭41.10.12)

○ 12th EUCEPA-Conference on Board & Solid Fiber Board Technology & Technique

会期・場所: 1968 年 4 月 22—26 日 Berlin

講演主題: 貼り合わせ結合力, こわさ, 筋押し, 絶縁耐力, 長網および丸網結合抄紙機, クーチおよびプレス光沢付けカレンダーがけ, 仕上げ工程(顔料およびプラスチック塗工, 張り合わせ, ニス引き), 原料調整とその傾向, 加工(需要, 標準, テスト法)などの外に Inverform その他形変機による体験円卓討議。(EUCEPA=Comité Européen de Liaison Pour la Cellulose et le Papier) (松井)

特 許 公 報

公告年月日	公告番号	出願番号	発 明 の 名 称	出 願 人
昭41.12.5	昭41-20838	昭38-51421	塗布方法	富士写真フイルム株式会社
12.19	21725	39-15215	携帯用木材皮剥機	新ダイワ工業株式会社
42.1.17	42-801	37-58903	クラフトパルプ工場における蒸解薬液を炭酸ソーダの熱分解による直接回収する方法	王子製紙株式会社
	802	38-12375	マグネシウムベースサルファイト蒸解廃液よりの薬品とリグニンの回収法	新日本化学工業株式会社
	803	39-72028	繊維含有パルプ洗浄容器	アクチボラゲット, カミル
	804	36-7106	製紙用サイズ剤	大日本インキ化学工業株式会社
	805	38-23982	塗膜組成物	イーストマン・コダック, カンパニー
	806	36-3677	エマルジョン型の石油樹脂サイズ剤を用いて無サイズ紙に表面サイズを施す方法	王子製紙株式会社
	807	37-31217	電気絶縁材料の製造法	古河電気工業株式会社
	808	37-31710	電気絶縁材料の製造法	古河電気工業株式会社
1.19	1035	38-55587	防水剤の製造方法	積水化学工業株式会社
1.20	1153	39-10738	空気濾過器用濾紙製造法	池田五郎
	1154	39-20046	濾紙の製造方法	島原勝美
1.23	1321	38-45141	化学物質と熱の回収装置	バブコック, アンド, ウイルコックス
	1322	37-55180	製紙用化学パルプの製造法	山陽パルプ株式会社
	1323	38-29000	古紙からインキを抜く方法	小坂玉二
	1324	37-2985	製紙サイズ用組成物	星光化学工業株式会社
	1325	38-16053	繊維素, 碎木, パルプ, 紙などのような繊維物質の層から液を絞り出すロールプレスのプレスロール	クラウス, マツファイ, イムベリアル
	1326	37-5406	整流ロール支持装置	ペロイト・コーポレーション
	1327	38-16055	脱水装置	クラウス, マツファイ, イムベリアル
	1328	39-22703	分割プレス装置	ペロイト・コーポレーション
	1329	35-41681	塗被紙の製造法	三菱製紙株式会社
	1330	37-26681	強サイズ紙の製造法	星光化学工業株式会社
	1331	38-45308	有機溶剤を用いる低密度紙製造法	本州製紙株式会社

実 用 新 案 公 報

公告年月日	公告番号	出願番号	考 案 の 名 称	出 願 人
昭41.1.25	昭42-1278	昭41-83128	加熱装置	三菱重工業株式会社