l を a においては n 等分し, b においては m 等分するから, 前述の仮定により $\frac{l}{n}$ は a 繊維の直径 d_1 であり, かつ一つの間隙の幅でもある, 同様に $\frac{l}{m}$ は d_2 である。

$$\begin{aligned} d_1 &= \frac{l}{n} & d_2 &= \frac{l}{m} \\ \text{但し } d_1 &= a \text{ 繊維の平均の直径} \\ d_2 &= b \text{ 繊維の平均の直径} \\ l &= nd_1 = md_2 & \therefore \frac{d_1}{d_2} &= \frac{m}{n} \\ & & \therefore \frac{A_1}{A_2} &= \frac{m}{n} = \frac{d_1}{d_2} \end{aligned}$$

したがって間隙の総面積の比は繊維の直径すなわち太さに比例することとなる。

総 括

この報文は手漉和紙における透気度を論じたもので, それは紙面の間隙面積と密接な関係のあるものであって, その間隙面積は同一の厚さの紙においては, 原料

繊維の太さに比例するとみなすことができる。したがって楮和紙と雁皮和紙とを比べると前者の透気度は後者に比べて大きい, 更に木材パルプを混入した楮和紙の透気度はもっと大きいことになる。すなわち透気度は雁皮紙, 楮紙, 楮および木材パルプ混合紙の順に大きくなっている。なお和紙を洋紙類に比べると一般に透気度は大きい, この点が和紙の著るしい欠点であってその用途範囲を狭めている原因である。

(34年9月25日 日化会岡山大会講演)

文 献

- 1) 佐伯勝太郎: 印刷 7, 1~15
- 2) 厚木勝基: パルプおよび紙 (著), 381~2(昭和29)
- 3) 半田勝彦: 応用物理, 12, 1~4 (1943)
- 4) L. Emanuelli: Paper T. 10. 85 (1927)
- 5) パ紙誌 5, 3, 60 (昭和26)
- 6) 加藤晴治: 名城大理工報告, 1 55 (1957)

和紙に関する研究 (第5報)*

和紙の剛度

加藤 晴 治・堅 田 精 一**

Study on Japanese-Paper(V) Rigidity of Washi

Haruji Kato
Seiichi Katada

This test shows how the rigidity is worked out by applying those figures to the formulas which are calculated with Clark's Rigidity-tester, when several sorts of Washi are left in the atmosphere of the different temperatures and humidities and then balanced.

The rigidity of Washi is less influenced by the temperature within the limits around the ordinary temperature: however, it is influenced by the change of the atmospheric relative humidity.

In general, the bigger becomes the humidity, the smaller becomes the rigidity.

But, this change can hardly be recognized in case of machine-made foreign-style paper, while in case of Nashio-paper, for instance, mixed with clay, humidity of the mixtures is considered to be greatly influential on.

The phase of paper's textile-arrangements generally enables us to imagine that the vertical course differs from the horizontal course in rigidity; so it is, in reality; the horizontal rigidity is smaller than the vertical one.

* 原稿受付 34.11.13

** 名城大学

序

紙の剛度 Rigidity は紙の物性を表わす一つとして極めて重要なことであるが、今日余り研究されていない。殊に和紙に対してはそうである。したがってこれが測定装置も少ないのであるが、比較的広く用いられているものはクラーク紙剛度試験器である。本器は試験片(幅 25mm)の一端を 83mm の幅のローラーの間に挟んで、挟んだままローラー全体を右および左に回転させ、したがって試験片を右から左へ回転させ、ローラーの回転角度を 90° にせしめる如き試料の長さ L を求め、これを(1)式に入れて紙の剛度を算出する。

試験方法

本試験においては試料を奉書、純楮紙、楮と木材パルプとの混合紙、三桠紙および雁皮紙に分類し、各々その代表的のもの数種を選び、これに洋紙類を比較のため加えて試料とした。剛度の測定には紙の重さや、厚さがかなり参考となると思われるのでこれを付記した。

また紙の剛度は大気温度および湿度にかなり左右されるものと考えられるので、これ等の相異によって同一紙に対して数回に亘り測定した。測定に用いた器具は前記クラーク紙剛度試験器であって、初め試験片を左に倒れている状態におきローラーを右に徐々に回転させて試験片がある点において右側に倒れる、この点を 0° に合わせ、これより更に左方に回転させ試験片が左に倒れる、この回転角度が丁度 90° になるように試験片の長さを調節する。この時の長さ L_{em} を記載する、これを次式に入れて計算して剛度とするのである。

$$\text{Rigidity (剛度)} = \frac{L^3 W}{10,000} \dots\dots(1)$$

L : 試料の長さ cm

W : 試料の重さ $\frac{g}{m^2}$

実際の場合において正確に 90° に合わせ難い場合には下記の計算式によって L を算出する。

$$L = \frac{(90^\circ - \theta_2)(L_1 - L_2)}{\theta_1 - \theta_2} + L_2 \dots\dots(2)$$

但し、 L_1 : 回転角度が鈍角の場合の長さ cm

試験結果の表示と考察

この試験においては紙類の剛度が温度と大気湿度とによっていかに変化するかを知ろうとすることが主であるので、この試料の長さを温度別、湿度別に測定記載した。その結果の表示が第1表である。

なお紙の縦の方向と横の方向とによっても異ると考えられるので、それを区別して測定した。

第1表の温度と湿度とは、大気自然の温度と湿度のことでこれ等の異なる時期を利用して測定した結果であって、それによれば次の2つのことが考察される。

1) この範囲すなわち平常状態においては温度の差は殆どこの数字に影響しない、但し例外はある。

2) 湿度は高くなる程試料の長さは短くなり、剛度は小さくなる。

そこで次に、温度に無関係にして、湿度の変化のみによる第2表を作成した。しかも湿度の差の小さいものはこれを集めて平均値をとって湿度を45%から5%ずつ増加して85%までに区画して整理した。

この両表および3個の図表から次のような考察を行うことができる。

1) 温度の変化はこの程度の温度範囲では剛度に殆ど影響しない、ただし土入紙の如きは温度の上昇によって剛度が大きくなる。

2) 湿度の増加によって剛度は一般に小さくなる。

楮紙、三桠紙、雁皮紙、およびこれに若干の木材パルプを加えた混合紙、いずれもそうである。

縦横剛度を比較して見ると縦の方が横の方向よりも大きいのが常である。この傾向は洋紙類に比して更に大きい、殊に機械抄上質洋紙においては、その相異は殆どないといってよい。なお名塩箔打原紙は縦横の相異がすくないばかりでなく、むしろ横の方が大きい、このことは他の和紙類には認められないところである。名塩箔打原紙は同一湿度の場合であっても、この範囲の湿度の影響を受けて変化し、温度が高くなると剛度は大きくなる。すなわちこの紙が多量の粘土を混入していることが、かくの如き特殊の異状性質を示すものであろう。

3) 楮100%紙と、楮、木材パルプを混合した混合紙とについて剛度を比べて見ると前者の方が小さい。

4) 西野内楮100%紙、小川楮100%紙について見ると縦横剛度にかんがりの相異はあるが、その変化状態(カーブの形)がよく似ている。すなわち湿度の増加につれて剛度が小さくなっていることがうかがわれる。

5) 因州日置産の改良半紙、因州佐治産の改良半紙、および伊予のトレーシング紙は、いずれも三桠紙であって、この3者は湿度による剛度の変化状態がかなりよく似ている。そして縦横の開きが楮紙程大きくないが機械漉洋紙類に比べると、はるかにおよばない。

第 1 表

温度(°C) 湿度(%) 種 類 縦横の別 (cm)	重さ (g/m ²)	厚さ (mm)	13	8~8.5	16~17	8	11	18~19	11~12	16~18	6~8	9
			45	50~51	50	52~53	55	55	60	60~62	63~65	6.5
			縦 横	縦 横	縦 横	縦 横	縦 横	縦 横	縦 横	縦 横	縦 横	縦 横
越 前 奉 書	90.00	0.390	32.7			31.3	30.8		33.3	31.7	31.1	30.7
田 の 島 奉 書	75.83	0.245		18.3 15.5	20.2 17.1	19.3 16.4	21.1 18.2	20.5 16.4	20.5 17.6		16.5 21.0	16.7
美 濃 典 具 帳	8.95	0.062		8.4 7.1	8.0 7.9	7.5 6.6	8.1 7.3	8.2 7.0	7.6 7.0		8.1 7.9	6.1
西野内障子紙(1)	28.96	0.120		15.0 10.6	15.2 11.2	14.5 10.4	14.4 10.2	14.5 10.4	14.8 10.7		14.4 12.0	
西野内障子紙(2)	47.10	0.164		16.1 13.4	16.4 13.6	16.5 13.0	16.1 13.0		16.4 13.4	16.4 13.4	16.5 13.3	14.2 10.1
小川障子紙(1)	32.56	0.143		15.2 11.3	15.3 11.9	15.3 11.5	15.2 11.7		15.3 11.9		15.2 11.9	15.5 11.9
小川障子紙(2)	55.58	0.196			14.2 15.9	15.6 16.1	16.0 16.0	14.0 16.3	14.5		16.2	16.2 14.1
美 濃 障 子 紙	43.88	0.190			21.7 16.5	19.4 15.7	19.7 16.0		20.2 14.4	20.3 16.5	19.4 16.1	19.6 13.8
美 濃 傘 用 紙	35.58	0.150		19.2 15.5	19.5 16.2	18.2 15.4	18.1 15.5	17.5 16.0	18.4 16.2	19.2 15.5	18.2 15.6	18.1 16.0
越 前 島 の 子	76.11	0.210		24.3 22.1		24.4 21.2	24.2 21.0	24.2 21.9	24.4 21.5	23.4 22.3	23.6 21.3	23.3
因州日置改良半紙	11.61	0.048				8.1 6.2	9.0 6.2	9.2 6.0	8.4 6.3		8.2 6.1	8.3 6.1
因州佐治改良半紙	11.49	0.048	9.3 7.4	9.1 7.8	9.9 7.9	8.6 8.6	7.0 9.0	6.8		9.1 7.7	9.4 6.8	9.1 7.0
伊野トレーシング紙	15.10	0.035				9.3 6.7	9.3 7.4		9.7 7.5	9.5 7.5	9.0 7.0	9.2 7.2
美 濃 上 野 雁 皮	10.61	0.040	8.8 6.8	9.2 6.7		8.6 6.6	9.1 6.8	8.8 6.6	8.9 6.4		8.4 6.0	8.2 6.1
美 濃 蔵 生 雁 皮	11.83	0.035	8.5 6.9	8.6 6.7		7.6 6.5	7.9		8.1 6.9		7.5 5.8	7.9 6.9
名塩箔打原紙	28.99	0.045			9.5	8.0 9.2	8.1 9.2	8.8 9.0	9.3 8.6		8.9 9.1	9.1 9.2
洋 紙 上 質	65.50	0.082		12.6 13.3	12.8 13.0	12.3 13.4	12.8 13.1		12.7 13.0		12.7 13.1	13.0 12.6
洋 紙 中 質	58.00	0.142			12.3 15.9	12.9 16.5	12.9 16.2		12.9 16.0	12.4 16.7	12.8 15.8	12.9 16.1
ビ ー シ	113.86	0.145		21.6	21.1	21.5	21.5	21.5	20.7	21.0	21.7	21.0

温度(°C) 湿度(%) 種 類 縦横の別 (cm)	重さ (g/m ²)	厚さ (mm)	14.5~15	5.5	5	10~11	15~16	9	12	8	11.5	13.5~15	10.5~11	15.8~16.9
			65~66	67	70	70	70~71	74~75	75	78	79~80	80	84~85	84~85
			縦 横	縦 横	縦 横	縦 横	縦 横	縦 横	縦 横	縦 横	縦 横	縦 横	縦 横	縦 横
越 前 奉 書			31.2	31.1	30.6	32.5	31.0				28.8		28.2	
田 の 島 奉 書			19.5 17.0	19.6 16.5	18.6 16.7	22.5 17.5	19.3 17.1	17.1 16.1			19.2 15.1		18.2 15.3	
美 濃 典 具 帳	8.1 7.1			8.0 6.5	7.3 6.5	8.2 7.0	8.1 7.0			7.6 6.5	6.9 5.2			
西野内障子紙(1)			14.7 10.8	14.6 10.2	14.1 10.3					14.3 10.0	14.1 10.0		13.7 9.7	
西野内障子紙(2)	17.1		16.3 13.5	16.2 13.1	16.5 13.0	15.6 13.2				16.0 13.0	15.4 13.0	15.6 13.4		
小川障子紙(1)			11.6 16.5	11.9 15.0	12.0 13.7	11.7 12.7	11.9			14.0 11.3	13.7 11.3		11.5 13.1	10.4 9.9
小川障子紙(2)	16.5 16.2	16.4 14.6	16.0 14.0	16.4 15.7			15.9 13.9			15.6 13.8	15.7 13.6		15.4 13.4	
美 濃 障 子 紙	19.0 14.0	20.3 13.8		19.7 16.0			19.7 13.8			19.3 15.3	18.0 15.7	18.1	18.3 15.0	
美 濃 傘 用 紙	18.0	19.1 15.6	18.1 15.6	18.6 15.3	18.5 16.2	18.2 15.4	18.1 15.1	17.5 15.2	17.2 15.4	18.3			17.2 14.4	17.0
越 前 島 の 子	23.6	24.5 21.5	23.4 21.3	24.0 21.1	23.6 21.5	23.8		23.5 20.5	23.4 21.2	23.3 20.7			22.6 19.8	
因州日置改良半紙	9.0 6.5		8.2 6.0			8.8 6.2	8.6 6.3			8.2 6.0	8.5 5.1		7.9 5.7	
因州佐治改良半紙			8.9 6.7	9.3 6.6						8.5 6.5	8.5		8.5 6.7	
伊野トレーシング紙			9.1 6.8	9.0 7.3	9.1 7.9	9.5 7.3				8.7 7.0			8.0	
美 濃 上 野 雁 皮	8.3 6.3		8.1 6.0	8.1 6.3			8.3 6.1	7.3 5.9	8.0 5.8	7.8 5.9				
美 濃 蔵 生 雁 皮	8.5 6.2		7.5 5.4	7.6 6.3			7.8 6.0			5.8 5.6			7.2 5.3	
名塩箔打原紙	8.0 9.2		8.0 8.8	8.1 8.9	9.0 9.4	7.5 9.0	7.6 8.5	9.1 8.6	7.6 8.3	7.3 9.0	7.2 8.1	7.1		
洋 紙 上 質	13.2	13.0 13.6	12.8 12.9	13.0 13.4			12.5 12.5			12.6 13.0	12.5 12.3		13.1 12.4	12.5 12.5 11.9
洋 紙 中 質	8.0 9.2	12.5	13.1 15.8			12.9 12.6	13.3 16.3			12.1 15.5			12.1 15.7	
ビ ー シ	21.0	22.0	21.8	21.5			21.0			20.8	21.0		20.7	20.5

第 2 表

種 類	湿度(%)	重 さ (g/ m ²)	厚 さ (mm)	45		50		55		60		65		70		75		80		85		備 考
				縦	横	縦	横	縦	横	縦	横	縦	横	縦	横	縦	横	縦	横			
越 前 奉 書	90.00	0.390	314.7	—	314.7	—	262.9	—	296.6	—	265.6	—	279.1	—	268.1	—	215.0	—	201.8	—	楮 100% 晒	
田 の 島 奉 書	75.83	0.245	—	—	53.5	33.1	68.3	39.7	62.1	40.0	70.2	34.7	64.1	36.6	46.2	34.8	53.7	26.1	45.7	27.2	晒	
美 濃 典 具 帳	8.95	0.062	—	—	0.50	0.38	0.49	0.33	0.40	0.28	0.47	0.26	0.43	0.26	0.48	0.30	0.29	0.13	—	—	楮 : 木 材 100 —	
西野内障子紙(1)	28.96	0.120	—	—	9.77	3.4	8.73	3.2	8.8	3.2	8.5	4.0	8.2	3.2	—	—	8.2	2.9	7.4	2.6	100 —	
西野内障子紙(2)	47.10	0.164	—	—	20.3	11.6	19.7	10.4	20.3	11.3	22.4	11.1	19.7	10.6	—	—	17.5	10.9	—	—	50 : 50	
小川障子紙(1)	32.56	0.143	—	—	11.6	5.1	11.4	5.2	11.0	6.0	11.8	5.5	11.3	5.5	—	—	8.4	4.8	7.3	3.5	100 —	
小川障子紙(2)	55.58	0.196	—	—	15.9	23.0	19.1	23.0	15.5	24.1	19.6	23.8	18.5	22.3	14.9	21.6	14.0	20.3	13.4	—	70 : 30	
美 濃 障 子 紙	43.88	0.180	—	—	44.8	19.7	33.5	17.9	36.4	14.9	31.7	13.9	33.5	17.9	33.5	11.5	27.0	16.3	26.9	14.9	70 : 30	
美 濃 傘 用 紙	35.58	0.150	—	—	25.8	14.2	20.1	13.9	21.0	13.8	21.1	14.1	22.2	13.8	21.3	12.7	20.0	13.0	17.8	10.6	80 : 20	
越 前 島 の 子	76.11	0.210	—	—	109.2	82.1	107.9	75.2	104.5	80.0	98.8	73.5	106.0	73.5	100.7	65.6	66.3	67.5	87.9	59.1	30 : 70	
因州日置改良半紙	11.61	0.048	—	—	—	—	—	0.88	0.27	0.69	0.29	0.72	0.28	0.72	0.27	—	—	0.71	0.15	0.57	0.22	三極 : 木 材 100 —
因州佐治改良半紙	11.49	0.048	0.92	0.47	0.99	0.56	0.84	0.36	0.84	0.42	0.91	0.38	0.87	0.34	—	—	0.70	—	0.71	0.35	100 —	
伊野トレーシング紙	15.10	0.035	—	—	1.47	0.61	1.21	0.61	1.34	0.64	1.18	0.55	1.13	0.60	—	—	0.58	0.99	0.53	—	三極 : 木 材 40 : 40 : 20	
美濃上野産雁皮紙	10.61	0.040	0.72	0.33	0.83	0.32	0.76	0.32	0.63	0.26	0.61	0.37	0.57	0.25	0.51	0.23	0.50	0.22	—	—	雁皮 : 木 材 100 —	
美濃蔵生雁皮紙	11.83	0.035	0.73	0.39	0.75	0.36	0.58	—	0.54	0.30	0.60	0.30	0.58	0.26	0.56	0.26	—	0.21	0.44	0.18	90 : 10 (三極)	
名塩箔打原紙	28.99	0.045	—	—	2.49	—	1.8	2.2	2.22	1.90	1.9	2.3	1.7	2.1	1.3	1.9	1.2	1.9	1.1	1.6	100 —	
洋 紙 上 質	65.50	0.082	—	—	13.4	15.0	13.7	14.7	13.1	14.1	14.3	13.9	13.7	14.2	—	—	12.8	13.2	12.7	11.9	木 材 バルブ	
洋 紙 中 質	58.00	0.142	—	—	10.8	23.3	12.5	24.7	11.5	23.2	12.4	23.6	12.8	22.9	13.6	25.1	10.3	21.6	10.3	22.4	"	
ビ ー シ	113.86	0.145	—	—	110.8	—	113.0	—	109.0	—	109.0	—	111.2	—	—	—	104.0	—	99.6	—	"	

θ_1 : 回転角度が鈍角の場合の角度

L_2 : 回転角度が鋭角の場合の長さ cm

θ_2 : 回転角度が鋭角の場合の角度

L : 回転角度が直角の場合の長さ cm

湿度の増加につれて剛度の小さくなる傾向は楮紙と変らない。

- 6) 美濃上野産雁皮紙, 美濃蔵生産雁皮紙および名塩箔打原紙はいずれも雁皮繊維を原料としたものであって, そのうち美濃産雁皮紙は, その縦横剛度の湿度による変化状態もよく似ている。また両者の剛度の開きも楮紙程大きくはない, 蔵生雁皮紙には10%の三極が混合されているが, その影響は殆ど認められない程度である。

名塩箔打原紙は前 2 者とかかなり相異していることについては先に述べた。

- 7) 機械抄上質紙については縦横剛度の差が極めてすくない。

総 括

この試験は和紙の数種を温度および湿度の異なる大気中に放置し, 平衡状態になったときを見て, クラーク

紙剛度試験器によって測定しこの数字を式に入れて剛度を計算したものであって, 和紙の剛度は常温付近における温度範囲では, 殆ど温度に影響されないが, 大気の比較湿度の変化には影響され一般に湿度が大きくなると剛度は小さくなる。然しこの変化は, 機械抄洋紙類では殆ど認められない位であり名塩箔打原紙の如く, 粘土を多量に混入したものは, 混入物の湿度による変化が大きく影響すると思われる。

紙の縦方向と横方向とによって剛度の異なることは一

第 1 図 楮紙の剛度

一般的に紙の繊維配列の様相から想像することができるが、事実においてもそうであって横の剛度は縦のそれ

に比べると小さいことがわかる。

(昭和34年11月11日、日化名古屋地方大会講演)

予 約 募 集 (紹 介)

填料用及び加工用クレ－カオリンに就て

33年10月10日「紙のコーティング用顔料並に塗被液の調製」と題する論文及び34年7月30日「ペーパーコーティング用顔料」と題する論文(TAPPI)を翻訳し訳文委員会より広く我国の製紙界に頒布致しました。今後我国の製紙は印刷紙、上質紙に対し品質上の転機に向かいつつあるのではないかと……即ち中質以上の印刷紙は大部分コーティングされることになるであろうし又上質紙用原料クレ－も現在より一層よいクレ－を要望されるのではないかと考えられるのである。然る時はこのクレ－・カオリンの持つ役割はパルプと同様に重要な質材として考えねばならないと思うのである。

故に今日までわが製紙界に殆ど紹介されなかったクレ－・カオリンに関する文献を集め更にわが国におけるこれ等礦物資源の主要産地についてその生因状態、性質、並に精製法等について実地調査した報告を収録して一種の「クレ－・カオリン読本」と言うべき小冊子を編した次第である。幸い技術者並に質材担当者の方々のお参考にもなれば幸外の至りである。

内 容 の 概 要

第1章 定義、起源、産状鉱物学及び化学的組成

第3章 製紙用クレ－の用途

第5章 填料用クレ－

第7章 紙のクレ－含有量

第9章 クレ－泥の粘度についての文献調査報告

第11章 本邦産カオリン・クレ－に就て概説、精製工程、生産量、クレ－工業に於ける経済的考察、今後の塗被加工紙とカオリン・クレ－、結び、追補

第2章 製造法、輸送及び用途

第4章 製紙用クレ－物理的性質

第6章 塗被用クレ－

第8章 壁紙用クレ－

第10章 TAPPI 標準試験法(TAPPI standards)(訳文委員会発行の訳文中より摘録)

◇体 裁 B5判 タイプ印刷 約130頁 写真及線図12葉

◇価 格 1部350円(申込と同時に支払い願います)但し3部以下の御注文は送料申受けず。1部30円、2部50円、3部75円

◇配 本 昭和35年4月中旬より

◇申 込 先 東京都豊島区巣鴨7-1576 城北加工紙調査所

◇予約期間 自昭和35年4月10日 至同年6月中

切 取 線

申 込 書 様 式

城北加工紙調査所 行

申 込 月 日	書 名	部 数	金 額
申 込 者			
所 在 地			
配 本 先			