和 紙 に 関 す る 研 究

第7報 和紙の白色度、平滑度および不透明度*

加 藤 晴 治** 小 倉 京 子***

Study on Japanese-paper

7. Japanese-paper's Whiteness, Smoothness and Opacity

Haruji Kato and Kyoko Ogura

We have made some experiments on whiteness, smoothness as well as opacity.

Whiteness is remarkably less in Japanese paper than in foreign-style paper.

Japanese paper, when utilized to coloured paper, demands particular deliberation upon its whiteness. Smoothness is important in case of printing; but the weak-point is that smoothness differs between one surface and the reverse.

Opacity relates to closeness; the denser the closeness is, the bigger the opacity becomes.

Japanese paper, on the whole has a small opacity.

1. 序

和紙はその使用目的によっては、白色度が大切である。障子紙の如きは従来未晒楮繊維を用いた灰青色をした、自然のままの色のものを用いた灰青色をした、自然のままの色のものが多かったが、その後川晒または雪晒によって白色度を増し、更に最近の製品は、その多くが漂白粉その他の薬剤によって漂白されたものが愛用されるようになった。未晒品と漂白品とでは単に白色度の異なるばかりでなく、可成り多くの物性を異にしている。殊に和紙の染色したものの利用が広まっているが、これがためには白色度の高い和紙が要求される。

尚印刷技術の進歩とその研究は、紙の平滑度に多大の影響があるので、平滑度の正確な測定が要求されてくる。紙の透明度は障子紙においても、写用においてもはたまた両面使用の場合においても極めて重要である。これがためには紙の不透明度が測定される。道上重雄氏¹⁾は紙の平滑度について研究し、J. Bekkの理論に基づき紙面と版面との間の空隙容積を求める装置を作成し、+1.5%の誤差を以て平滑度を測定した。和紙の不透明度については殆んど研究されたものがないようである。和紙の用途拡大のためには従来顧みられることのすくなかった科学的測定値が必要であるが、その基礎となるべき数字がないので、種々和紙について、これ等を測定し、下記のような考察を行なった。試料の物性については別に述べてある。²⁾

2. 試験方法およびその結果

白色度： 光電管比色計を以て測定したものであって、標準白色度 100 に対しその百分率を以て表わし、紙の表面の各所について数回の測定をなし、その平均値を示した。尚この際の最高、最低値並びに平均値を求め併記し、最高値、最低値の差を全平均値で除し、百分率で表わしたものを不同率とした。不同率の大きいものは不良であり、殊に画用紙に対してはそうである。それ等の表示は第 1 表の如くである。

平滑度： バックの平滑度試験器によって測定したものであって、本器によれば、減圧下における紙の表面の粗密による空気の漏洩を以て平滑度を測定せるものである。すなわち接触面 10cm²の試料に筈式荷重により 1 kg/cm²の圧力を加え、吸引ポンプにより空気を吸引し、試料下面と平面硝子との接触面より 10cc の空気の漏洩を水銀柱圧力計により時間的に測定し、試料面の平滑度を決定する方法によったもので単位を秒で示す、この数字の大きいもの程平滑度が大きいのである。

平滑度は表面と裏面で可成りの差異があるので、この両面を測定して比較表示し、かつ最高、最低並びに全測定における平均値ならびに不同率をも併記した。第 2 表の如くである。

不透明度： 波長 425m μ の光線を試料面上において反射させ、その量によって示されるものであって、基準黒体上における反射率と白体上における反射率とを測り、その百分率

$$\frac{\text{黒体上の反射率}}{\text{白体上の反射率}} \times 100 \text{ (次式の(2)式に相当)}$$

* 原稿受付 35.5.25
** 名城大学理工学部
*** 奥野パルプ紙研究所

第 1 表 白 色 度

番号	種 類	晒 未晒	白 色 度(%)				備 考
			最高	最低	平均	最高—最低 平均 ×100	
70	越前奉書	晒	69.1	68.8	69.0	0.43	楮 100
68	田ノ島奉書	"	79.3	78.5	79.0	0.63	故紙再生
	小原障子紙	未晒	37.9	37.9	37.9	0	楮 100
125	木田障子紙	"	38.5	38.3	38.4	0.52	"
126	三隅障子紙	"	53.1	52.5	52.7	1.14	"
9	内山障子紙	晒	69.3	68.0	68.8	1.89	"
83	群馬障子紙	"	65.6	64.5	65.1	1.69	桑 100
2	西野内障子紙	晒	57.6	57.3	57.5	0.52	木材パルプ混入
30	小川障子紙	"	73.1	70.5	72.0	3.61	楮80 木パルプ20
72	美濃障子紙	川晒	62.5	62.2	62.4	0.46	楮70 木パルプ30
73	美濃傘紙	未晒	49.1	48.3	48.6	1.65	楮80 木, 麻パルプ20
52	高野傘紙	"	43.9	43.5	43.8	0.91	楮80 木パルプ20
71	越前島ノ子	晒	74.0	73.5	73.7	0.68	楮30 木パルプ70
38	日置改良半紙	晒	64.0	63.2	63.7	1.25	三楮85 木パルプ15
17	藤生雁皮	未晒	51.5	50.0	50.5	2.97	雁皮 100
19	上野雁皮	"	44.5	43.0	43.7	3.43	" 100
66	名塩箔打原紙	"	48.5	47.8	48.1	1.46	" 100 土入
116	西島画仙紙	晒	75.8	75.2	75.5	0.79	故紙再生紙(手漉)
117	西島画仙紙	"	75.5	75.2	75.3	0.0	" (機械漉)
127	三隅画仙紙	"	75.0	74.2	74.7	1.07	竹パルプ70 三楮30
50	吉谷画仙紙	"	71.5	71.2	71.4	0.42	
	洋紙上質	晒	80.0	79.0	79.6	1.26	木パルプ 100
	洋紙中質	"	52.5	52.0	52.3	0.96	木パルプ 100

第 2 表 平 滑 度 (ベック)

番号	種 類	平 滑 度 (秒)								生涯
		最 高		最 低		平 均		不同率 $\left(\frac{\text{最高}-\text{最低}}{\text{平均}}\right) \times 100$		
		(表)	(裏)	(表)	(裏)	(表)	(裏)	(表)	(裏)	
	小原障子紙	2.5	2.6	2.3	2.0	2.4	2.3	8.3	26.1	
125	木田障子紙	6.4	5.5	4.6	4.3	5.5	4.8	32.7	25.0	
126	三隅障子紙	8.6	7.9	6.7	6.0	8.1	7.0	24.2	27.1	
9	内山障子紙	3.6	3.2	2.8	2.8	3.2	3.0	25.0	13.3	
83	群馬障子紙	1.7	1.6	1.5	1.4	1.6	1.5	12.5	13.3	
7	鳥山提灯紙	9.0	7.4	7.5	5.5	8.1	6.7	18.5	28.4	
2	西野内障子紙	7.4	6.0	5.8	4.5	6.5	5.3	24.6	28.3	
72	美濃障子紙	1.5	1.5	1.3	1.3	1.4	1.4	14.3	14.3	
30	小川障子紙	3.0	2.7	2.4	2.0	2.8	2.4	21.4	29.3	
52	高野傘紙	2.6	2.2	2.1	2.1	2.3	2.2	21.7	4.5	
30	美濃傘紙	2.0	2.0	1.7	1.6	1.9	1.8	16.3	22.2	
4	鳥山傘紙	3.6	3.5	3.0	3.0	3.4	3.3	17.6	15.1	
71	越前島ノ子	4.3	2.3	3.5	1.9	3.9	2.1	20.5	19.0	
17	藤生雁皮	83.2	—	62.8	—	74.3	—	27.4	—	
19	上野雁皮	135.5	—	112.8	—	123.8	—	18.3	—	
66	名塩箔打紙	226.0	78.9	118.2	58.0	161.7	64.1	66.7	29.7	
116	西島画仙紙	9.8	9.2	8.9	6.0	9.3	7.1	9.7	45.1	
117	西島画仙紙	12.5	7.2	11.1	5.7	11.9	6.2	11.8	24.2	
127	三隅画仙紙	5.2	4.5	4.6	4.0	4.9	4.3	12.2	11.6	
	洋紙上質	101.5	68.0	91.6	58.4	96.7	62.2	10.2	15.4	
	洋紙中質	34.2	33.5	32.7	30.4	33.5	32.2	4.5	9.6	

を求め、数回測定の前平均値をとり、これを次の補正式 (4式)によって補正すればよい。

補正式は次の如くして導き出したものである。

試料の面に当たった光がその一部は反射され、一部は吸収され、残部は透過する。今 ε_1 を以て反射の分率、

つは 90.4 %), $\eta_B=3.1\%$ (最後の 5 つは 2.5%) $\eta_S=91.5\%$

3. 考 察

白 色 度

ε_2 を吸収分率, ε_3 を透過分率とし、この三者の和を 1 とする。すなわち、

$$\varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3 = 1$$

光電管にとられる光束は入射光束を L とすれば $\varepsilon_1 L, (\varepsilon_3 L \eta) \varepsilon_3, (\varepsilon_3 L \eta) \varepsilon_1 \eta \varepsilon_3$ の和である。第 2 項までとれば、不透明度 R は

$$R = \frac{KL(\varepsilon_1 + \varepsilon_3^2 \eta_0)}{KL(\varepsilon_1 + \varepsilon_3^2 \eta_S)} = \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_1 + \varepsilon_3^2 \times \eta_S} \dots\dots\dots (1)$$

となる。このとき η_0 は完全黒体の場合で、反射量は 0 % である。このものはあり得ないので $\eta_B=3.1\%$ を用い、また酸化マグネシウムを用いた場合 $\eta=100\%$ であるが、この場合は、 η の代りに $\eta_S=91.5\%$ が用いられるが η_S の代りに $\eta_A=90.5\%$ を用いた場合について測定したものであるので測定値 R' は次式で示される。

$$R' = \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_3^2 \times \eta_B}{\varepsilon_1 + \varepsilon_3^2 \eta_A} \times 100 \dots\dots (2)$$

この式を変形すれば $\varepsilon_3^2 (R' \eta_A - \eta_B) = \varepsilon_1 (1 - R')$

$$\therefore \varepsilon_3^2 = \frac{\varepsilon_1 (1 - R')}{R' \eta_A - \eta_B} \dots\dots\dots (3)$$

$$R = \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_1 + \varepsilon_3^2 \eta_S} = \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_1 + \frac{\varepsilon_1 (1 - R')}{R' \eta_A - \eta_B} \times \eta_S} = \frac{R' \eta_A - \eta_B}{R' (\eta_A - \eta_S) + \eta_S - \eta_B} \dots\dots\dots (4)$$

これが補正式であって、測定値 R' をこの式に代入して計算すればよく、その結果は第 3 表に示した。

この (4) 式の

R : 不透明度, R' : 測定値 $\eta_A=90.5\%$ (第 3 表最後の 5

第3表 不透明度 (45°)

番号	種類	厚さmm 1000	緊度	測定値	補正值	備考
9	内山障子紙	73	0.418	60.7	59.2	
2	西野内障子紙	54	0.408	61.1	59.5	
72	美濃障子紙	193	0.260	73.7	72.5	
30	小川障子紙	87	0.376	61.7	60.0	
20	美濃傘紙	95	0.344	75.2	74.2	
71	鳥ノ子	189	0.440	81.6	80.7	
83	群馬障子紙	108	0.320	57.4	55.6	
						桑 100
17	蔵生雁皮	17	0.512	29.3	27.1	
19	上野雁皮	17	0.641	33.4	31.3	
66	名塩箔打紙	33	0.940	83.4	83.0	
116	西島画仙紙	68	0.450	66.2	64.2	手漉 機械漉
117	西島画仙紙	67	0.240	61.4	59.8	
127	三隅画仙紙	71	0.360	68.3	67.1	
36	白蘭紙	57	0.420	57.4	55.6	
38	日置改良半紙	22	0.396	28.8	26.1	三極85 木パルプ15

(1) 白色度のもっとも大きいものは晒紙であって、川晒、未晒紙はこれに次ぐ。そして、手漉和紙の白色度の程度は楮紙晒65～79%、川晒60%前後、未晒37.9～43.8%程度である。雁皮紙は未晒であって、43.7～50.5%であり、楮紙の川晒、未晒の中間にある。特に画仙紙は白色度の高いことが必要であるが、測定結果によるもそうであって71.4～75.5%程度である。

(2) 近時和紙の着色紙が製造され、色々の方面に使用されるようになった。このためには特に白色度の高いことが重要となる。傘用紙の如きは従来未晒紙であって白色度が43.8～48.6%程度のものが用いられ、これが種々に着色されて使用される。そのため染色紙の品位が低いのである。

(3) 障子紙においても晒、未晒、川晒、雪晒等が製せられ、それぞれの特長をもって販売されているが、次第に白色度の高いものが重用されるのである。

平滑度

(1) 楮の手漉和紙は、洋紙にくらべると一般に平滑度は小さい。すなわち上質洋紙 96.7秒に対し $\frac{1}{10}$ 乃至 $\frac{1}{50}$ 程度である。

(2) 和紙の平滑度は表と裏とにおいて可成り大きな差異がある。これが和紙の一大欠点であり、印刷等に利用する場合の大きな欠陥である。

(3) 雁皮紙は特に平滑度が大きい。騰写版原紙として用いられる場合名塩箔打紙原紙は金箔製造用であって、その平滑度の大きいことが最も重要なことである。

不透明度

不透明度も印刷に特に必要なことである。

(1) 同種の楮紙であっても厚さによって異なることはいうまでもなく、雁皮紙、改良半紙等の不透明度の小さいのは、薄手であることであり、鳥の子、美濃障

子紙の大きいのは厚手であるからである。

(2) 晒と未晒とでは晒の方が小さくあらわれる。内山、西野内、白蘭紙、群馬障子紙等は晒であって小さく、美濃傘紙の如きは未晒であるから大きいのである。

(3) 名塩箔打紙は薄くて大きいのは、多量の粘土が混入しているからである。

(4) 緊度の大きいもの程、不透明度が大きい。蔵生の雁皮と、上野の雁皮の場合、西島画仙紙の場合がそうである。

4. 総括

この研究は和紙の白色度、平滑度および不透明度について試験し、とりまとめたものであって、これ等は和紙を印刷方面を初め、一般の使用に際して、極めて必要なことであるが、和紙についてとりまとめたものがないから、その基準にする目的で各種著名和紙について行なった。

これによると一般に和紙の白色度は洋紙にくらべると著るしく低いものが多い。平滑度は表裏の差が大きく、不透明度も小さくそのために用途が縮限されていると思われる。これ等の物性を増大することは和紙にとっては重要なことである。

終りに臨みこの実験に対し、奥野紙パルプ研究所長並びに所員の方々の与えられた御協力を感謝する。

文 献

- 道上重雄：日印刷 2 1—4(1935)
道上重雄，高木敏信：印刷研 13 1—17(1938)
- 加藤晴治：名城大研報 1 (1957)

× ×

×

× ×

×

× ×