真空式空気マイクロメーターを利用した 紙の平滑度試験器の試作 (第2報)*

堀井 光 実・知 野 悌 二**

Trial Manufacture of the Smoothness Tester Applied Vacuum Air-micrometer (Part II)

Terumi Horii and Teiji Chino

A principle and basic characters of the new smoothness tester, equipped with vacuum air-micrometer, was described previously in a report⁽¹⁾. For practical use the studies of this new smoothness tester were carried on and the results are summarized as follows:

(1) For a practical measuring head we developed a multi-ring structure (Fig. 2) the grooves of which are connected to atmosphere and vacuum pump alternately in order to keep six measuring rings in a parallel conjunction. By using this structure the rate of surface air flow is increased, and harmful effects as transverse porosity, unevenness of paper surface and blocking up of the orifice may be lessened (Fig. 7)

(2) Speaking of effects of the ring width and backing materials, reproducibility of the reading is independent of these factors, but transition tendency of the reading is varied by the kind of paper so that paper smoothness ranking is changed by combination of these factors (Tab. 2 and 3, Fig. 5)

(3) Reproducibility of the reading with new tester is enough for practical use. On standardized measuring method any appreciable personal error was not appearing and variability of the reading is mostly introduced by irregularity of paper surface (Tab. 5 and 6)

(4) Comparison tests between two new testers showed no appreciable difference in their smoothness reading (Tab. 7 and 8)

(5) The smoothness values of new tester used rubber-plate backing correlate with Bekk seconds only for measuring non-coated paper, and the Bekk seconds may be led from new tester reading with practically negligible error in shortened measuring time. But this correlation can not be found in coated paper, machine glazed paper and paper board (Fig. 6)

(6) The smoothness value of new tester used glass-plate backing have a good correlation with printing smoothness of coated paper, non-coated paper, and paper board in a wide range of smoothness value, but a machine glazed paper should be excluded from measuring objects to obtain the more accurate number of printing smoothness ranking, using the new tester (Tab. 10 Fig. 12 and 13)

I 緒 言

本器についてはすでに第1報⁽¹⁾でその原理、基礎的特性について述べ、新しい試験器として有用な性質を持つものであることを報告した。その後実用試験器が製作され、その使用結果についていろいろの指摘も頂いているが、それらを合わせて第2報として実用器の構造、指示再現精度、ベック試験器との関係、指示値と印刷平滑性との関係、などの諸点について検討を行なった結果について報告したい。

II 構 造

1. 本体の構造

本体の主要部分は第1図に示すように水銀マンメータ、指示スケールおよび絞りのつである。測定ヘッドから吸入された空気は絞りを経て真空ポンプに吸入され、ヘッドと絞りの間の管内圧力がマンメータによって指示される。絞りにごみが吸入されるのを防ぐためにその前にフィルターをつけてある。指示値として絶対圧力を採用しており、恒圧源として大気圧を利用しているので、スケールは上下に移動でき大気圧変化に対応できるようにしてある。またマンメータは単管型であるからスケールを縮尺(740/760)で目盛って基準面の変化を消去するようにした。

2. 平滑度測定ヘッドの構造

前報では主として一重リング構造の測定ヘッドによ

* 原稿受付 35.2.2

** 印刷局・研究所

第1図 本器の構造

る特性検討の結果を示し、実用器ヘッドの構造は発表を保留したが、実際には第2図のような多重リング構造になっている。リング状の溝は1本おきに大気側と真空側に連らなっている。この構造の利点としては次の項目を挙げることができる。

a. 空気流量が大きくなるため、倍率の低下を伴わずに大きな穴径の絞りを使うことができ、ほこりや塵による絞りのつまりを防止できる。

b. 6本のリングが測定接触面を構成しており、全部並列に接続された形をとっているので一重リングに比べて測定面の拡大と指示値の平均化が行なわれる。即ちこの測定ヘッドで得られる測定値は一重リングで行なう6回の測定の結果を機械的に平均したような性質のものと考えられる。

c. 測定面の空気抵抗が小さくなるため、測定面以外からの空気流入量の比率が相対的に低くなる。

3. 構造に伴う特性値

a. 測定面積 後述の標準ヘッドで 1.94cm^2 であり、同系統の薄幅測定リングを用いる試験器であるベントゼン試験器⁽²⁾の 0.15cm^2 、シェフィールド試験器⁽³⁾⁽⁴⁾の 1cm^2 より大きい。

b. 空気流量 第3図のような内径 r_1 、外径 r_2 、高

第2図 測定ヘッドの構造

さ h の円板状すき間を通して流れる空気量 Q はHagen-Poiseuilleの法則から次のように導かれる⁽⁵⁾。

$$Q = \frac{\pi h^3 \Delta p}{6 \mu} \cdot \frac{1}{\ln \frac{r_2}{r_1}} \quad \dots\dots\dots (1)$$

ここに Δp : ノズル内外の圧力差

μ : 空気の粘性係数

この式に従って計算してみると本器はベック試験器⁽⁶⁾の314倍程度の空気を流通する構造になっていることがわかる。実際的には Δp がベック試験器と異なる値をとるので本器は測定範囲においてベック試験器の約150~630倍の空気を流通すると考えられる。

c. 測定圧 測定ヘッド自体の重量で紙上に置くだけで 0.4kg/cm^2 の圧力がかかる。しかし測定の際には更に真空による吸引力が加わるため平滑度の高い試料

第 3 図

程高い測定圧がかかることになる。圧力の範囲は測定範囲で $0.74 \sim 1.92 \text{ kg/cm}^2$ と計算される。実際には測定の際にヘッドの大気側に連なる穴を一旦ふさぐ操作によってこの変化範囲をせばめているが、他の試験器のように測定圧を一定の大きさとして表示することはできない。

III 測定ヘッドのリング幅とバックキングの影響

測定ヘッドのリング幅は感度に影響が大きいことは第 1 報でもふれてあり、またワイヤーマークのような閉凹部に対する検出度にも影響するはずである。同様にバックキングの硬さも指示値に影響の大きいことがすでに各種平滑度試験器について確かめられている⁽²⁾⁽⁷⁾

⁽⁸⁾⁽⁹⁾。本器に対するこれらの要因の影響を次のように

第 2 表 測定ヘッドリング幅とバックキングによる指示値と変動係数の変化

		指 示 値 : mm Hg abs. 変動係数 : %								
紙の種類	ヘッド バックキング	H ₁			H ₂			H ₃		
		B ₁	B ₂	B ₃	B ₁	B ₂	B ₃	B ₁	B ₂	B ₃
C ₁	指示値	163	167	202	300	316	405	347	360	463
	変動係数	2.91	2.41	4.08	3.43	2.43	4.27	3.86	3.62	3.54
C ₂	指示値	48.9	74.4	428	257	259	540	314	297	554
	変動係数	5.62	7.38	2.72	2.98	4.22	1.74	2.31	3.11	1.46
C ₃	指示値	57.2	55.1	99.6	212	177	303	236	200	364
	変動係数	4.65	4.71	2.26	4.53	5.34	4.06	4.08	4.78	3.73
C ₄	指示値	17.2	14.4	53.9	76	39.4	115	82.7	43.7	119
	変動係数	12.5	13.6	12.5	10.2	12.9	16.8	9.93	13.5	16.5
C ₅	指示値	22.3	22.7	43.8	52.2	44.5	74.8	53	44.3	79.8
	変動係数	2.13	2.09	3.11	7.0	2.51	5.73	2.31	3.1	4.79
C ₆	指示値	16.7	18.2	27.3	25.2	25.5	35.3	24.5	25.3	33.8
	変動係数	5.55	7.04	7.06	7.22	7.83	8.03	3.91	4.32	2.92

変動係数の総平均 = 5.26

しらべた。

1. 実験方法

とり上げた要因および水準は第 1 表のようなものである。測定は第 4 図のようにシートの対角線にそった 3 個所について行ない、4 回の繰返しによって 1 枚のシートについて 12 個の測定値を得た。その平均値 $\bar{x}$ と変動係数 $CV (= \sigma/\bar{x} \times 100 \%)$ を第 2 表に示す。

第 1 表 測定ヘッドリング幅とバックキングに関する実験の水準

要 因	水 準
リング幅	2 mm (H ₁), 0.4 mm (H ₂), 0.2 mm (H ₃)
バックキング	ゴム板 (デュロメーター A22) (B ₁) オフセットブランケット (デュロメーター A70°) (B ₂) ガラス板 (B ₃)
紙の種類	板紙 (C ₁), 片つや紙 (表) (C ₂), 上質 (C ₃), 擬アート紙 (C ₄), アート紙 (C ₅), キャストコート紙 (C ₆)

第 4 図 シート中の測定場所

2. リング幅、バックキング硬さによる指示値の変化

第 2 表の指示値を図示したものが第 5 図である。指示値の絶対値が変わるのは空気流通量の変化によって当然起るべき現象であるが、指示値の順位も同時に変化しており、平滑度の良否の判定は測定条件によって変わってくるのがわかる。これはまた測定によって得られる平滑度の順位が希望する順位に最も近くなるようなヘッドとバックキングの組合わせを選択する余地のあることも示している。またリング幅 0.4 mm と 0.2 mm (B₁ B₂) とでは順位に変化がないから、どちらを用いても似たような結果が得られるものと予想できる。

第5図 測定ヘッドリング幅とバックギンによる指示値の変化

3. 変動係数の変化

これらの要因によって測定値のバラツキ方に差が出るかどうかをみるために変動係数の分散分析を行ってみた。結果は第3表に示したようにヘッド、バック

第3表 測定ヘッドリング幅、バックギン、紙の種類による変動係数の分散分析表

要 因	S	φ	V	F_0	ρ
リング幅 (H)	1,016	2	508	3.48	
バックギン (B)	371	2	185.5	1.27	
紙の種類 (C)	65,118	5	13,023	89.4**	81.3
H×B	285	4	72.3	—	
B×C	5,180	10	518	3.55**	4.7
C×H	4,148	10	415	2.84**	3.4
残 差	2,917	20	145.9		10.6
合 計	65,118	53			100

ングあるいはその組合せによって変動係数の大きさが変わることはなく、従って組合せの選択が測定精度の面から制限を受けることはない。寄与率 ρ の大きさでもわかるように変動の主因は紙の構造自体にあるようである。交互作用の有意差は紙による影響が主であろうと考えられる。

この実験および他の実験の結果から測定ヘッドのリング幅は0.4mmで一般的測定目的に対して満足できる結果が得られると判断できたので、今後の実験にはそれを用いている。

IV 測定値再現性に関する実験

1. 実験のデザイン

指示値の再現性をしらべるために第4表のように要因と水準を定めて測定を行なった。測定値の分散分析表を第5表、平均値を第6表に示す。分散分析は紙の種類別に行ない、交互作用は有意項がなかったので全部誤差項に繰入れた。

第4表 指定値再現性に関する実験の要因と水準

要 因	水 準		
測 定 日	室 温	湿 度	気 圧
	29°C	45%	1,013 ミリバール (D_1)
	29°C	65%	1,013 ミリバール (D_2)
測 定 者	O_1	O_2	
シート内の測定場所	P_1	P_2	(第4図参照)
紙の種類	第1表と同じ6種類		

第5表 日、測定者、場所についての分散分析表

紙の種類	要因	S	φ	V	F_0	P
板 紙	D	34	1	34	—	
	O	17	1	17	—	
	P	2,075	2	1,038	4.82*	45.8
	E	1,479	7	211		54.2
片つや紙	D	52	1	52	2.74	
	O	19	1	19	1	
	P	854	2	427	22.5**	72.2
	E	133	7	19		27.8
上 質 紙	D	27	1	27	—	
	O	22	1	22	—	
	P	1,334	2	667	10.8**	66.8
	E	430	7	61.4		33.2
擬アート紙	D	252	1	252	7.5*	4.8
	O	24	1	24	—	
	P	4,004	2	2,002	59.6**	40.6
	E	235	7	83.6		54.6
ア ー ト 紙	D	108	1	103	13.7**	45.2
	O	1.3	1	1.3	—	
	P	57.2	2	28.6	3.62	
	E	55.2	7	7.89		54.8
キャストコート紙	D	18.8	1	18.8	3.08	
	O	24.1	1	24.1	3.95	
	P	10.6	2	5.3	—	
	E	42.8	7	6.1		100

第6表 測定日と場所による指示値の変化

指 示 値 : mmHgabs.

	板 紙	片つや紙	上質紙	擬アート紙	アート紙	キャストコート紙
D_1	404	538	301	110	72.2**	34
D_2	406	542	305	120	78.2	36.5
P_1	417*	542**	289**	140**	77.5	34.8
P_2	387	530	314	110	72.2	36.5
P_3	411	551	305	96	77.2	34.5

* 危険率5%で有意義あり

** " 1% "

2. 結果の考察

a. 測定日 アート紙と擬アート紙は測定日による差があらわれており、特にアート紙で寄与率も大きくになっている。平均値の変化を第6表でしらべるといずれも $D_1 < D_2$ である。この傾向は有意差のなかった他の紙全部についても共通であり、 D_1 日に比べて 20 % も増加した温度のために実際に平滑度が低下したのではないとも考えられる⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾。

気圧は D_1 日、 D_2 日とも全く同じで、この実験からその影響を求めることはできないが、気圧変化に比例した誤差が起ることは空気マイクロメーターの特性から明らかである⁽¹¹⁾。しかし通常の気圧変化ではその大きさは 1 % 程度であり特に補正の必要もないと思われる。

b. 測定者 この要因については有意差が全然なく、本器は個人誤差の比較的少ない計器であるといえる。ただし測定法を標準化する必要があり、それが行なわれていない状態では個人誤差が起き易いという指摘も受けている。測定操作の中で個人誤差の原因となる点は測定ヘッドの大気側に連なる穴を指先で押える時間の長短であるが、著者らは指示マノメータ中の水銀の上下振動が停止するまでの間穴を指先で押えることによってその一定化をはかった。

c. 測定場所 第4図で示したシートの対角線上の点であるが、場所の指定はあまり厳密でなく、測定毎に多少のずれを含んでいる。結果としてはアート紙以外の全部に有意差があり、しかも寄与率も相当大きく、測定値のばらつく原因の大半はこの要因によることがわかる。これは紙のような不均質物質を測定対象とする場合には避けることの難かしい変動であり、シートの平均的性質を求めるためには測定回数を多くするより方法がないと思われる。本器は測定に要する時間が短かいのでこの点では非常に有効である。

なおこの実験の測定値に関する変動係数の総平均は 6.8 % であり、紙の試験で一般的に得られる程度の大きさであった。

V 器 差

平滑度試験器の測定対象が不均質かつ不安定な物質の紙であるため、器差の検定を厳密に行なうことはあまり容易でない。例えばベック式について行なった実験では紙の平滑度低下現象のため、遠隔地にある台の試験器間の比較は全く不可能であったことが示されている。著者らは最も簡単な方法として台の試験器について同時に検定を行なって次のような結果を得た。

1. 指示部の検定

測定ヘッドを取外してその代りに適当な直径のノズルを入れると空気流量は厳密に規定され、絞りを含む本体指示部の検定を正確に行なうことができる。この場合の誤差要因は大気圧と空気湿度のみになるが、同時に行なう実験では考慮の必要がなく、また日時を変えて行なう場合でも簡単な計算で補正できる。3 個の直径の異なるノズルによる検定結果は第7表のようによく一致していた。

第7表 ノズルによる比較

指示値：mmHg abs.

ノズル	平 均 値	
	I	II
A	118.2	118.5
B	367	368
C	566.5	566

2. 試験器全体としての検定

この場合は紙を測定対象として検定したが、指示部に差のないことが確かめられているので、もし差があればそれは測定ヘッドの差と考えられる。試験は 2 次の方法で行なった。

(a) 数種類の紙について同じシートから 2 組のサンプルを造り、各々の組を 1 台の試験器で測定して比較した。この場合はサンプリング誤差が入るので組の分け方に注意し、かつ測定回数も比較的多くした。各 18 回の測定値の平均値は第8表Aのようによい一致を示した。

第 8 表

指示値：mmHg abs.

A 2 組のサンプルによる比較

紙の種類	テス ター		表	
	I	II	I	II
新聞用紙	673.6	675.1	601.7	602.1
上質紙	524.9	527.6	492.4	494.4
M C 紙	169.8	169.1	155.3	153.8
アート紙	78.8	79.0	80.7	80.4

B 1 組のサンプルによる比較

板紙	608.1	608.8	293.8	293.8
上質紙	601.8	600.6	554.8	557.0
片面コート紙	385.6	385.4	91.3	91.5
アート紙	44.5	44.2	43.3	44.3

(b) 1 組のサンプルを台の試験器で測定して比較した。この場合はサンプリング誤差は小さくできるが、同じ場所を繰返し測定するための誤差が入る。予備実験によって繰返し測定の回数に対して平滑度が直線的に少しずつ増加することが認められたので、この誤差は測定の順序を適当に組むことによって殆んど消去できることがわかった。(a)の検定と別種の紙についてこ

の方法で求めた12個の測定値の平均値は第8表Bのようにやはりよい一致を示した。

この実験は同時に造られた試験器について行なっているから条件としては非常によい場合ではあるが、本器は構造上測定ヘッドと絞りの寸法以外には器差の原因となる点が殆んどなく、絞りは1の方法で厳密な寸法測定を行なうことができ、また測定ヘッドは6本のリングからできているので認差も互いに消去され易いと考えられる。従って器差の少ない試験器の製造は他の型式の場合よりも行ない易いのではないかと考えられる。

VI ベック試験器との関係

1. ベック秒数との関係

ベック式はJISで規定されている唯一の平滑度試験器であり、また実際のにも長年月かつ広範囲に使用されているため、平滑度をベック秒数で表示することが必要である。あるいはわかり易い場合が少なくない。

測定対象を上、中質紙、更紙などの一般紙に限定した場合には本器とベック式の相関性は非常に高く、実用上差支えない程度の認差範囲で本器の指示値をベック秒数に換算できる。この目的に対する本器の使用は測定時間の短縮という意味で高い実用性を持つものと思われる。この性質はすでに第報でも略述したがここでは一般紙以外の紙が相関性を持たない理由に対する考察を加えて更に詳しく検討したい。

第6図 本器指示値とベック平滑度の関係

多数のサンプルについて本器とベック試験器とで各

3回ずつ測定して得た値の関係を第6図に示す。上中質紙などの一般紙は図中の直線に非常に接近した位置に打点されているから本器の指示値をベック秒数に読み変えることができる。この目的に対してはゴムをバックリングとして用いるのが適性である。一方図中で特に区別した記号で示してある片つや紙、アート紙、板紙などはこの直線から離れた位置に打点されている。ただし離れる方向には視則性があり、片つや紙は線の上方に、アート紙と板紙は線の下方に位置して、この区別の乱れは一例もない。このような結果を与える原因としては次のような理由が考えられる。

2. 相関関係から外れる紙に対する考察

片つや紙表面は一見非常に平滑に見えるが立体顕微鏡で観察すると小さなくぼみが多数あることがわかる。これらのくぼみはヤンキードライヤーに接して手にされた繊維で取囲まれているためにベック試験器の幅の広い測定面では検出されにくく、一方本器では測定面の幅が狭いために検出されて平滑度が低い方に偏るものと思われる。また表裏の粗さの差が非常に大きいためバックリングの硬さの影響も受け易く、特にガラスをバックリングとした場合には裏面からの透気による影響が比較的大きくなるものと思われる。実験的にはリング幅の測定ヘッドと軟かいゴムバックリングを用いて一般紙の回帰線に近づくことができた。

アート紙と板紙の場合は Horizontal porosity⁽⁶⁾, Transvers porosity⁽¹²⁾, あるいは Querluftstrom⁽¹³⁾, などと呼ばれている測定面以外の通気性あるいは空気流に対する本器の感度がベック試験器に比べて小さいためであろう。この種の紙はいずれも測定面以外から流入する空気量の比率が一般紙に比べて非常に大きいことが指摘されている⁽¹²⁾。このような構造の紙に対する本器の測定値が一般紙回帰線からの推定値に比べて非常に高いベック平滑度に対応する値であることは、本器の指示が表面性質に対してより忠実な値を示していると解釈できる。図7図は20種類のアート紙についてウィリアムス修正平滑度を求める方式⁽¹²⁾に準じて紙の両面を生ゴムではさみ、紙面における空気流通を止めた状態でベック試験器によって Transvers porosity を測定し、その値から平滑度を補正して測定面以外から流入する空気による認差を補正したベック平滑度および規定の方法で測定したままのベック平滑度と本器指示値との関係を示している。修正後の相関性は修正前のそれに比べて著しく高く、本器の指示値が Transvers porosity の大きさと無関係に紙の表面性を示すものであることを明らかにしている。

なお著者らと別個に二、三の製紙工場で行なわれた

第7図 Transverse porosity による誤差を補正したベック平滑度と本器指示値の関係

実験の結果を要約すると次のようになる。

工場A 上質級の紙を主な測定対象としている。本器指示値とベック秒数の相関性は非常に高いことを確かめた上で、本器のスケールを直接ベック秒数で目盛って現場測定に利用している。ベック試験器による実測秒数に対する誤差は実用上問題にならない程度の大きさである。

工場B 擬アート紙および片面コート紙を主な測定対象としている。この場合は本器とベック試験器に関する回帰線が紙の種類によって若干異なった。しかしどちらについても高度の相関があり本器指示値によってベック秒数を推定することが可能である。

工場C 一般紙については高度の相関がありベック試験器の代りに使用できる。薄葉紙は測定の際にしわが出るため使用できない。アート紙については相関性に疑問が多いが、銘柄、坪量などで層別すると相関があるようにも思われる。

工場D 一般紙についてはベック式の代わりに使用できる。アート紙については使用できない。坪量 43.7 gr/m² から 164.9 gr/m² の間のスーパー製品については1本の修正直線で換算が可能である。

以上のようにいづれも著者らの得た結果とはほぼ同様と思われる。薄葉紙（カーボン原紙など）について測定がうまく行かないのは明らかに本器の欠点である。しかしアート紙についてベック試験器と相関性を持たないのが欠点であるかどうかは疑問であり、更に次の

項で検討したい。

VII 印刷平滑性と指示値の関係

紙の印刷適性を決定する多くの性質の中で、印刷平滑性は実際に印刷を行なった場合に紙がインキによって被覆され易いか、あるいはされにくいを示す性質であり、その程度は印刷結果から判定される。いわゆる平滑度試験器はこの印刷平滑性を印刷を行なわずに推定することがその主目的と考えられ、印刷平滑性と試験器指示値との相関性の高さが、その試験器の価値に関する重要な条件の一つと考えられる。

1. 印刷平滑性の表示法

紙の印刷平滑性を表わす方法は Fesko その他により式のを採ることが推奨されており⁽¹⁴⁾⁽¹⁵⁾、これに基づく平滑度試験法の比較に関する実験結果も発表されている⁽¹⁶⁾⁽¹⁷⁾。それらの報告では本器と同じように狭い幅の測定面を用いたシェフィールド、ベントゼン試験器が k と比較的よい相関性を持ち、管理計器として適していると述べられている。

$$F = 1 - e^{-kx} \dots\dots\dots(2)$$

ここに F : 紙面のインキ被覆面積比

e : 自然対数の底

x : 版面上のインキ量 (厚さ)

しかしこの k を求める方法は発表者自身もめんどう (laborious) であることを認めており、インキ転移率の測定、その他技術的に難しい点も多い。このため著者らはこの方法にはよらず、最近市川、佐藤、伊藤の3氏によって提案された“インキ被覆抵抗”⁽¹⁸⁾によって紙の印刷平滑性を格付けすることにした。この方法の詳細については論文を参照されたいが、ここでも概念的に説明すると次のようになる。

ある一定印刷条件の下に種類の紙に版面上のインキ量 x を変えてベタ刷りを行なった場合の紙面のインキによる被覆面積比は x に関して対数正規型累積分布関数すなわち

$$F(x) = \frac{\log e}{\sqrt{2\pi}\sigma} \int_0^x \frac{1}{x} e^{-\frac{(\log x - \mu)^2}{2\sigma^2}} dx \dots\dots\dots(3)$$

として表示できることが多数のサンプルを用いて行なった実験の結果として確かめられた。この式の確率密度関数 $f(x)$ すなわち

$$f(x) = \frac{\log e}{\sqrt{2\pi}\sigma x} \cdot e^{-\frac{(\log x - \mu)^2}{2\sigma^2}} \dots\dots\dots(4)$$

の平均 α を“インキ被覆抵抗”と呼び印刷平滑性を表す尺度とした。

α は(5)式で表わされ、具体的には第8図で示す斜線部と数学的に一致しており、 α が大きい程紙面が被覆

第8図 $F(x)$ 曲線と α の関係

されにくい、あるいは α の小さい少ないインキ量で高い被覆面積比が得られることを意味している。

$$\alpha = e^{\frac{\mu}{\log e} + \frac{1}{2} \left(\frac{\sigma}{\log e} \right)^2} \quad (5)$$

実際に x を求めるためには数枚のサンプルに版面上のインキ量 x を変えてベタ刷りし、それぞれの被覆面積比 F を求積装置¹⁹で測定し、結果を対数確率紙上にプロットして $x-F(x)$ 曲線を引き、曲線から μ, σ を読み取って(5)式に代入すればよい。

2. 印刷条件

各種の紙について実際に α を求めるために行なった

印刷の条件は第9表のとおりである。紙の種類はなるべく広く採る方針で第10表に示すようにキャストコート紙から史紙までの一般的印刷用紙から、さらに片つや紙、板紙(マニラボール)なども採り上げた。印刷して被覆面積比の測定を行なった紙の枚数は紙の種類別に4~5枚ずつで13種類の紙について合計58枚である。第9図はインキによる被覆の状態を小す一例である。

第9表 印刷とインキの条件

A 印刷条件	
印刷機	印刷局式印刷適性試験機 ²⁰
印刷圧力	10 kg/cm
印刷速度	1 m/sec
室温	21 ± 1 °C
湿度	65 ± 2 %
版材	黄銅・筒形ハタキ・銅版印刷
版面・インキ厚さ	0.34~6.12 μ
B 印刷インキ	
組成	カーボンフラノク 28%
	アマニ油ワニス(60+イス) 38%
	ヘンチノンを加えたアマニ油ワニス(10.8+イス) 34%
流動特性	粘度(25°C, 95+イス)
	タノク インメーター (628 ft min) 11.9
	ひき 0.73
降伏値 860 dyne/cm ²	

3. 実験結果

印刷物の測定結果として求められた α の値および各種平滑度試験器による測定値を第10表にまとめた。試料番号は α の小さいものから順につけてある。表の値はシェフィールド試験器は5回、他の試験器は3回の測定の平均値である。なお表中*印を付した紙については当研究所印刷適性研究室において著者らと別個に約1年前に行なった実験の結果求められた数値であるが、著者らの得た実験結果と異なる傾向も認められないので、以下の検討では特に区別せず一しょに扱か

第9図 同じ厚さのインキを付けた版面で印刷した3種類の紙のインキによる被覆状態(×100)

第10表 α と各種試験器による平滑度

番号	種類	厚さ(μ)	インキ被覆抵抗 α (μ)	試験器による平滑度			
				ガラスバックキ ング	ゴ ム バ ッ キ ン グ	チャ ッ マ ン ベ ッ ク	シェ フ イ ー ル ド
				(mmHg abs.)	(50kg /cm ²)	(%)	(see) (ml/ min)
1	キャストコート	142	0.42	26.7	22.2	19.48	174
* 2	アート A	100	0.49	34.0		12.40	445
3	アート B	188	0.56	37.3	19.8	16.17	419
4	アート C	80	0.66	53.7	22.0	11.58	622
5	M C 板紙 A	335	0.72	60.3	50.3	10.9	68.1
6	片面アート	92	0.82	65.3	39.8	12.39	318
7	M C 板紙 B	360	0.82	112	88.8	10.65	36.8
* 8	M C	85	0.84	95		8.00	364
9	板紙 A	300	1.19	176	153	9.11	41
10	板紙 B	320	1.24	247	228	9.28	18.7
11	片つや A	60	1.48	548	122	6.5	350
12	片つや B	78	1.61	480	188	6.65	265
13	板紙 C	335	1.68	334	302	9.44	25.5
*14	上質 A	108	1.73	419		6.94	79
15	上質 B	70	1.93	315	188	7.49	129
*16	上質 C	92	1.96	469		7.00	43.4
*17	ざら A	112	2.01	617		7.93	20.5
18	片つや C	70	2.06	565	283	6.4	180
19	上質 D	98	2.48	528	453	5.64	46.2
*20	ざら B	110	2.56	661		6.37	12.5

第10, 11図である。

まずベック秒数と α の相関性は全体としてみるとあまりよいとはいえず、関係曲線を引くことも困難である。しかしアート紙と板紙を除いて考えれば点線で示すように十分相関関係が認められる。この関係は前述の本器とベック試験器との関係とちょうど対応しているようであり、またベック試験器による測定値が一般紙の場合には印刷結果と比較的よく合うが、アート紙、板紙などについては一致しない場合が多いというこれまでの通説ともよく符合していると考えられる。

本器にゴムバックキを用いた場合は紙に対する選択性は少ないが、ばらつきが相当に大きい。

本器にガラスバックキを用いた場合の指示値は α と高い相関性が認められる。特にアート紙級の高平滑度の紙でよく一致しており、一方平滑性の悪い紙でばらつきが若干大きくなり、特に片つや紙が回帰線から外れている。しかし印

第10図 本器及びベック平滑度とインキ被覆抵抗 α の関係

っている。

第10表を両対数グラフ紙上にプロットしたものが

第11図 チャップマン平滑度とインキ被覆抵抗 α との関係

刷平滑性を求める目的で本器を使用する場合にはゴムよりもガラスをバックキとして用いる方がよい結果を与えることは明らかとみられる。

チャップマン式と α の関係は第11図のようになり、本器よりも相関性が若干悪いようであるが、その存在は明らかであり、本器と同じく平滑性の悪い方では

つきが大きくなっている。

シェフィールド式も相関性は相当よいようであるが、紙の種類が少なく、試験器が当研究所にないため追加測定も難しいのでこの際は論及を避け数値を示すだけに止めたい。

ガラスバックングを用いた場合の本器とチャップマン試験器の指示値の α に対する一致性をさらに詳しくしらべるために順位で比較してみると第12図のよう

第12図 順位による配列

になる。本器の場合は平滑性の高い方でよく一致し、低い方で乱れが大きい。チャップマン試験器も傾向としては大体似た形をとっているが平滑度の高い方でも順位にくい違いが見られる。

以上の検討を通じてばらつきの原因として最も目立つ紙は片つや紙であるが、この紙を他の種類の紙と同時に試験して比較するのは不適当と判断して除外してみよう。この操作の後に再び順位で整理したものが第13図である。この場合の本器指示値の順位は α の順位

第13図 片つや紙を除いた場合の順位による配列

に対して非常に近づいているといえる。従って片つや紙を混入しない限りにおいては、本器指示値によって印刷平滑性を推定してもあまり大きな誤りは起きないと思われる。

チャップマン試験器の場合は平滑性の高い紙ですでにばらついているので、この操作によっても α との一致性はあまり向上しない。

VIII 総 括

真空式空気マイクロメータを利用した紙の平滑度試験器についてその構造、指示再現精度、ベック試験器との関係、指示値と印刷平滑性との関係などについて述べたが、まとめると次のようになる。

1. 測定ヘッドには多重同心リング構造を採用し、測定面積を広くして紙の局部的性質の影響を低下させるようにした。またこの構造により測定面における空気流量が多くなるので、測定面以外から流入する空気による誤差を低下させると共に測定時間が速くなり、感度が上昇しかつ絞りのつまりをなくした。

2. 測定ヘッドのリング幅およびバックングの硬さは測定精度には影響を及ぼさないが、紙の種類によって指示の変化傾向が異なる。リング幅は0.4mmが一般的測定目的に最も適当と思われる。

3. 再現性は良好であり、測定法を標準化した場合には測定者による個人誤差は起らない。また指示値の変動は主として紙の不均一によって導入されるものと思われ、変動係数は他の試験器と同等である。

4. 同時に造られた台の試験器間では器差はなかった。

5. ゴムバックングを用いて一般紙(非塗紙)を測定対象とした場合の本器の指示値はベック平滑度と高い相関性を示す。

6. ガラスバックングを用いて得られる本器の指示値は上、中質紙、更紙、アート紙、板紙を含む広範囲の紙について印刷平滑性とよい相関関係を示した。ただし片つや紙は測定対象から取除くことが望ましいようである。

最後に実用器の使用結果について適切な御指摘、あるいは実験に用いたサンプルの提供を頂いた各位、研究を指導された青木研究室、印刷平滑性の測定に協力された佐藤、伊藤の諸氏に厚く御礼申し上げます。

引用文献

- (1) 堀井, 紙パ技協誌 12 [5] 36~41, 52 (1958)
- (2) E. E. Andersen and C. W. Christensen, International Bulletin for Printing and Allied Trades [67] 24~29 (1954)
- (3) W. I. Wilt and N. E. Emmons, Tappi 39 [1] 188A~191A (1956)
- (4) T. W. Lashof, John Mandel and V. Worthington, Tappi 39 [9] 532~543 (1956)
- (5) 川崎, 精密機械 13 [149] 1~8 (1947)
- (6) J. Bekk, Paper Trade Journal 99 [18] 31~

(327頁へつづく)

的に説明している。これは漂白最終段階の ClO_2 タワー周囲の配置を示している。パルプは塔の下部からフイードされて、カミヤ・ラディアルフロー・ミキサーにより上向きに均一に流れる。塔上部にはスクレーパーがついてストックを掻き出す。かつて放射性物質を

パルプにませて塔内の流れをテクターで観察したところ、この混合パルプが塔の頂部に来た時にはわずかの縦の幅を持って塔断面に一樣な層をなして送られて来ていることが判明し、ラディアルフローミキサーの合目的性を立証した。

(写真 No. 4)

平滑度試験器 (321頁より)

33 (1934)

(7) Staff of the Institute of Paper Chemistry, Paper Trade Journal 104 [12] 62~66 (1937)

(8) C. R. Sears, J. A. Van Den Akker, M. H. Aprison, N. J. Beckman and C. W. Denzer, Tappi 38 [2] 96~105 (1955)

(9) B. L. Wehmhoff, R. H. Simmons and D. H. Boyce, Paper Trade Journal 96 [4] 36~40 (1933)

(10) W. Brect, Das Papier 13 [7/8] 130~137 (1957)

(11) 谷口, 青木, 日本機械学会誌 55 [397] 108~110 (1956)

(12) Staff of the Institute of Paper Chemistry, Paper Trade Journal 106 [4] 38~42 (1938)

(13) W. Brechtund H. Geenen, Das Papier 13 [21/22] 519~530 (1959)

(14) W. C. Walker and J. M. Fetsko, American Inkman 33 [12] 38~44, 69~71 (1955)

(15) E. Rupp, Papier und Druck, [12] 177~182 (1957)

(16) J. M. Fetsko, Tappi 41 [2] 49~63 (1958)

(17) J. M. Fetsko, Tappi 42 [2] 110~121 (1959)

(18) 市川, 佐藤, 伊藤, 印刷学会論文集 2 [3] 26~32 (1959)

(19) 研究所時報 (印刷局) 11 [10] 590 (1959)

(20) 市川, 伊藤, 印刷局研究所報告 [1] 1~12 (1957)