紙の透気度測定法に関する研究*

藁科珍郎・竹下寛・武祐一郎**

Studies on The Measurement Method of Porosity of Paper

Yoshiro Warashina, Hiroshi Takeshita and Yuichiro Take

(Research Laboratory, Tomoegawa Paper Mfg. Co., Ltd.; Mochimune, Shizuoka City, Japan)

The measurement methods of paper by the porosity testers of six kinds, Gurley densometer, Emiel Greiner porosimeter, Schopper air permeability meter, Emanuelli porosimeter, Oken type denso-aspero meter and smoother, were examined, and further the relationships between these testers were theoretically and experimentally obtained.

(1) In the relation between the Gurley densometer (G) and the Emiel Greiner porosimeter (E), the theoretical formulas agreed well with the experimental values. But, in the range of low air resistance, the experimental values by the Emiel Greiner porosimeter were smaller than the theoretical ones, whereas in the range of high air resistance, that relation was reverse.

The relationship between two testers was shown by the following theoretical formulas.

$$V_e = \frac{83046.6}{0.803 t_G + 513.34} \dots\dots\dots (1)$$

$$V_E = \frac{(979 + 0.675 V_e)}{1033} V_e \dots\dots\dots (2)$$

were V_e and V_E in cc/5min
 t_G in sec/100cc

(2) In the relation between the Schopper air permeability meter (S) and the Gurley densometer or the Emiel Greiner porosimeter, the theoretical formulas agreed very well with the experimental values.

Especially, the theoretical formula of relation between the Schopper and the Gurley was in better agreement with the experimental values than that relation between the Emiel Greiner and the Gurley.

The relationship between the Schopper and the Gurley was shown by the following theoretical formula.

$$t_G = \frac{24096.33}{V_S} \dots\dots\dots (3)$$

were t_G in sec/100cc
 V_S in cc/5min

(3) In the relation between the Emanuelli porosimeter (M) and the Gurley densometer, the theoretical formula also agreed well with the experimental values, and this formula was as follows.

$$A_M = 43.478 \times t_G / d \dots\dots\dots (4)$$

or

$$t_G = 523.023 \times P_1 / P_2 \dots\dots\dots (5)$$

were A_M in a unit of Emanuelli
 d is thickness in cm
 t_G in sec/100cc

P_1 or P_2 is a different pressure

(4) The Oken type denso-aspero meter (O) and the Smoother (SM) have close relation with usual tester as the Gurley densometer etc.

These testers were suitable for a manufacturing process test of high air resistance paper because these testers have superior accuracy and especially made the rapid test possible.

The relationship between the Gurley and the Smoother was shown by follows experimental formulas; in the case which standard head was used,

$$\log H_{SM} = -1.146 \log t_G + 5.122 \dots\dots\dots (6)$$

in the case which cramp type head was used,

$$\log H_{sm} = -0.638 \log t_G + 4.247 \dots\dots\dots (7)$$

The relationship between the Gurley densometer and the Oken type denso-aspero meter was shown by the following experimental formula,

$$\log T_o = 0.965 \log t_G + 0.0818 \dots\dots\dots (8)$$

* 原稿受付 37.4.11 (当協会第9回研究発表会講談)

** 巴川製紙・技術研究所

I 結 言

紙の透気度 (Porosity, Air permeability) または気密度 (Air resistance, Air impermeability) は極めて重要な紙の性質であり、筆記用紙、印刷用紙においてはインクの吸収に関係があり、さらに Saturating paper, 電気絶縁紙のように合成樹脂または油を含浸させて使用する場合などにおいては特に重視される性質であることが一般に認められている¹⁾。

また紙の透気度は紙の製造条件、特にパルプの叩解状態と密接な関係があることは周知のことであり、これに関する研究も報告されている²⁾。

このように透気度または気密度は、紙として極めて重要な特性であるが、これが測定には各種の試験器が用いられており、これらの中で測定値の表現に統一がなく、また試験器によっては測定範囲に制限が存在するものもある。

この測定法および試験器が相違した場合の測定値間の関係について今まで数名の人によって報告³⁾⁴⁾⁵⁾されているが、必ずしも十分なものではない。

本報においては、ガーレーデンソメータ、エミルグライナーポロシテメータ、ショッパー式透気度試験器、エマニュエリーポロシテメータ、王研式透気度試験器およびスモースターなど 6 種類の試験器について、それぞれの測定法ならびに各測定器間の関係を実測値と理論値の両面から検討した。

また透気度試験器の精度および器差の検定などの標準試料として、大抵の場合紙が用いられて来たが、これにはいろいろと問題があるので、金属の標準板を作製し、これについての検討結果も併記した。

II 各測定器間の相互関係

まず、ガーレーデンソメータを基準としてエミルグライナーポロシテメータ、ショッパー式透気度試験器およびエマニュエリーポロシテメータの相互関係を求めた。

(1) 実験方法

i) 測定試料

測定試料としては後述する金属の標準板が最も望ましいが、高気密度紙に相当する毛細管の入手が困難であり、4 種類の測定器間の相互関係としては比較的高気密度範囲における関係を求めることを主眼としたので、やむなく紙を使用した。

ガーレーとエミルグライナーの関係ではエミルグライナー実測値で 5~65cc/min の間を 16 段階に、ガーレーとショッパーおよびエミルグライナーとショッパ

ーの関係ではショッパー実測値で 0.5~35cc の間を 21 段階に、またガーレーとエマニュエリーの関係ではエマニュエリー圧力比で 0.1~55 の間を 50 段階に分けられるような試料を選択した。

これらの試料のすべてを大きさ約 80×130mm に切断し、標準状態の中で十分に前処理を行ない、同一箇所を測定して比較値を求めた。

ii) 測定方法

a) エミルグライナー測定法

第 1 図に測定器の構造を示した。あらかじめ用意した試料に直径 25.4mm の円を鉛筆で薄く記入し、試料締付板の円孔にあわせて均等に締めつける。次にコックを閉じ、ピンを下部支持環に移し、コックを開くと

第 1 図 エミルグライナーポロシテメータ (単位 mm)

同時にストップウォッチを押し、5 分間経過した後コックを閉じ、ピンを下部支持環から外してピン内の水面とビュレット内の水面を一致させた後、空気の透過量 (cc) を読み、最初にコックを開いた瞬間に急激に水面が低下することに関する補正值 0.8cc を引き透気度とした。この時の単位は cc/5min である。JIS⁶⁾ においては、気密な物質の薄片をはさんで同様な操作を行なった場合の読みを差引いて透気度とすると記されており、これは補正值 0.8cc に相当するものであり、これに関しては次に理論的検討を行なう。

b) ガーレー気密度測定法

567 gの重量を持った内筒の試料締付部に、エミルグライナーで測定した試料を挿入して均等に締付ける。この場合、鉛筆で薄く記入した直径 25.4mm の丸印が、ガーレーの円孔（直径 28.78mm）に同心円になるようにする。他の操作は JIS⁶⁾ に従い、100cc の空気が透過するに要する時間を測定した。

c) ショッパー式透気度測定法

第2図に測定器の構造を示した。試料台(e)のガスケット円孔(28.78mm)に、エミルグライナーで測定

第2図 ショッパー式透気度測定器

した試料を丸印が同心円になるように挿入して締付ける。次に試料台フレーム(f)を徐々に上昇させて圧力計(m)の水柱の差が100mmになった時支柱(g)に固定する。このことによってeおよび吸引管(c)は100mmの減圧となり、外部の空気は試料を通過してeに入り、c、jを経てガラス製円筒(a)内の上部空間に入る。これと同時に浸入した空気と等量の水が溢出管(i)を経て水吐出口(k)から流出し、所属するメスシリンダーに集められる。5分間経過した後にコックを閉じメスシリンダー内の水量(cc)を読み透気度とした。この時の単位は cc/5min である。

d) エマニュエリー不透過度(気密度)測定法

空気は紙を通過する際にその圧力が低下する。この場合空気の通過が困難な紙の場合ほど圧力の低下もまた大となる。この原理を応用したものがエマニュエリ

ー測定器である。本測定器の主要部の構造は第3図の通りである。

第3図 エマニュエリー不透過度試験器の原理

圧搾空気をaから入れ、試料(c)および標準毛細管(d)を経てbから排出させる。cおよびdを通過する前後における空気圧力 P_1 、 P_2 を夫々圧力計(m_1 、 m_2)にて読む。dは試料に対して標準となるべきもので、紙質に応じて適当な直径のものを選ぶ。得られた P_1 、 P_2 を次式に代入し気密度を求める。

$$A \cdot d = K \frac{P_1}{P_2} \cdot S \quad \dots\dots\dots (1)$$

ここに A: 気密度

d: 紙の厚さ

S: 試料の空気透過面積

K: 測定器による定数

(2) 理 論

有効面積 S (cm^2)、厚さ d (cm)なる紙の両側における圧力差を P とし、時間 t (秒)にこの紙を通過する気体(一般的には空気、粘性係数 η)の量 V (cm^3)は次式によって示される。

$$V = \frac{PS t}{A \eta d} \quad \dots\dots\dots (2)$$

ここに、Aは紙によって定まる定数で透過係数と言う。

i) エミルグライナーにおける補正值の検討

測定法のところで述べたように、観測値から0.8ccの補正值を差引いた値を透気度の実測値としたが、この値は、試料を締付けた時、ピンを下支持環に移した時および最初にコックを開いた瞬間の夫々にビュレット内の水面が低下することに関するものであり、JIS⁶⁾の場合に最後に観測値より差引く値に相当するものである。

まず、試料を締付けた時の水面の低下であるが、これは締付板のゴム板が圧縮されることおよび締付方式、装置の構造によるものであり理論的取扱いには困難なので実測値(0.15cc)をそのまま用いることにした。

ピンを下支持台に下げた時の水面の低下(Δh_1)をまず求めてみる。必要な略図を第4図に示した。

第5図

ルグライナーの場合は時間に対して指数函数的に変化する。第5図において t 秒後に水面が 0 から h cm だけ落下したとする。ビュレット内の水面が h だけ下がったことにより水準ビン内の水面が h' だけ高くなったとする。ビュレットおよび水準ビンの内部断面積を夫々、 a , b (但し水準ビンの形は図の如く一定でないが、この場合最大の面積を取ることにした。) とすれば、時間 t における圧力差 P は次のようになる。

$$P = H = H_0 - \left(1 + \frac{a}{b}\right)h \quad \text{.....(12)}$$

次に $ah = V_e$ とすれば

$$P = H_0 - \left(\frac{1}{a} + \frac{1}{b}\right)V_e \equiv H_0 - BV_e \quad \text{.....(13)}$$

となる。但し $B = \left(\frac{1}{a} + \frac{1}{b}\right)$

P は厳密には指数函数的に変化するものであるが、試料の気密度が大きく、時間が5分程度である場合には、 P の変化を時間に対して直線的に変化すると見て

も余り大きな誤差はなく、かつ計算を簡易化するために直線的に変化するものと仮定して計算することにした。

$t=0$ の場合は $P=H_0$, $t=t$ の場合は (13) 式のようになる。 t 時間内に試料を通過する空気の内容積を求めるには圧力が $t=0$ と $t=t$ の圧力の平均値で一定であると見なしても差支えない。

$$P_m = (P_{t=0} + P_{t=t})/2 = H_0 - \frac{B}{2}V_e \quad \text{.....(14)}$$

(14) 式の P_m を (11) 式の P に代入し、 V を V_e , t を t_E と書けば、

$$V_e = K(H_0 - \frac{B}{2}V_e)t_E \quad \text{.....(15)}$$

$$\therefore V_e = \frac{2KH_0 t_E}{2 + BK t_E} \quad \text{.....(16)}$$

$K = k'S_E$ であるから

$$V_e = \frac{2k'S_E H_0 t_E}{2 + Bk'S_E t_E} \quad \text{.....(17)}$$

この V_e は透過空気量として採用出来る値ではなく、 t_E (5分) 経過してコックを閉じた時の空気の占める容積であり、大気圧 (P_1) より稀薄になっている。この圧力を P_a とすれば $P_a + H = P_1$ ..... (18)
また $P_a V_e = P_1 V_E$ ..... (19) であるからこの両者の式から透過空気量が求められる。

$$V_E = \left(\frac{P_1 - H_0 + BV_e}{P_1}\right)V_e \quad \text{.....(20)}$$

b) ガーレーの理論式 (以下 G の記号を用いる)

(2) 式における $1/A\gamma d = k'$, とすれば

$$V_G = k'S_G P_G t_G \quad \text{.....(21)} \quad \text{となる。}$$

この場合、 P_G は円筒の重量を円筒の外面積で割ったものである。また V_G は 100cc を規準にしてある。

c) ガーレーとエミルグライナーの関係

(21) 式より k' の関係を求め (17) 式に代入すると次のようになる。

$$V_e = \frac{2S_E H_0 t_E V_G}{2S_G P_G t_G + BS_E t_E V_G} \quad \text{.....(22)}$$

この (22) 式を (20) 式に代入すれば、エミルグライナーとガーレーの関係が求められるわけであるが、式が複雑になるので2つの式のままで常数を代入する。

$$S_G = 6.45 \text{ cm}^2, \quad P_G = 12.45 \text{ g/cm}^2, \quad V_G = 100 \text{ cm}^3,$$

$$t_E = 300 \text{ sec}, \quad B = \frac{1}{1.528} + \frac{1}{60.0} = 0.67 \text{ cm}^{-2}, \quad H_0 = 54.6 \text{ cm}, \quad S_E = 5.07 \text{ cm}^2$$

$$\therefore V_e = \frac{83046.6}{0.803 t_G + 513.34} \quad \text{.....(23)}$$

$$V_E = \frac{(979 + 0.675 V_e)}{1033} V_e \quad \text{.....(24)}$$

iii) ショッパーとガーレーの関係

ショッパーの理論式は (2) 式より次の関係が求め

られる。 $1/k' = A\eta d \equiv \frac{S_s P_s}{V_s} t_s \dots\dots\dots (25)$

ジョッパーに関しては以下 S の記号を用いる。

(25) 式と (21) 式とから

$$t_G = \frac{P_s \cdot S_s \cdot t_s \cdot V_G}{S_G \cdot P_G} \cdot \frac{1}{V_s} \dots\dots\dots (26) \quad \text{の関係が}$$

得られる。

これに $t_s = 300 \text{ sec}$, $P_s = 10 \text{ g/cm}^2$, $S_s = 6.45 \text{ cm}^2$ および先に示したガーレーにおける常数を代入すると、

$$t_G = \frac{24096.384}{V_s} \dots\dots\dots (27) \quad \text{の関係が得られる。}$$

iv) ジョッパーとエミルグライナーの関係

(25) 式を (17) 式に代入し、夫々の常数を入れて整理すると $V_e = \frac{166093.2 V_s}{38700 + 1026.675 V_s} \dots\dots\dots (28)$ の関係が得られこの式と (24) 式とより両者の関係が求められる。

v) エマニュエリーとガーレーの関係

第3図において、試料および標準毛細管を通過する空気量を夫々 V_1 , V_2 とすれば次のようになる。

$$V_1 = \frac{P_1 S}{A \eta d} t \dots\dots\dots (29)$$

$$V_2 = \frac{P_2 \pi r^4}{8 \eta L} t \dots\dots\dots (30)$$

V_1 と V_2 とは相等しいものであるから (29) (30) 両式から先に示した (1) 式が求められる。

以下エマニュエリーの記号として M を用いる。

まず、ガーレー気密度をエマニュエリー単位に換算する式を求めてみる。(2) 式を次のように変形する。

$$A = \frac{P_G S_G}{\eta d V_G} t_G \dots\dots\dots (31)$$

これにガーレーの常数を入れると次の式が求められる。

$$A = 4.3478 \times 10^5 \times \frac{t_G}{d} \dots\dots\dots (32)$$

但し、この A は絶対単位でありエマニュエリー単位は絶対単位の 10^5 を実用単位としているので

$$A_M = 4.3478 \times 10 \times \frac{t_G}{d} \dots\dots\dots (33) \quad \text{となる。}$$

一方、エマニュエリーの式は

$$A_M = K \times \frac{P_1}{P_2} \times \frac{1}{d} \dots\dots\dots (34) \quad \text{であり、}$$

この場合

$K = 227400$ と定められたものを使用し、 d は mm の値を入れることになっている。

(33) と (34) 式より次の関係が得られる。

$$t_G = 523.023 \times \frac{P_1}{P_2} \dots\dots\dots (35)$$

(3) 実験結果および考察

先に求めた理論的な関係が、どの程度実測値にあっ

ているかを検討した。

i) ガーレーとエミルグライナーの関係

ガーレー値を規準にし、エミルグライナーの実測値および (23) (24) 式より求めた理論値を第1表および第6図に示した。実測値と理論値とはよく一致しているが、気密度の低い(ガーレー値の小さい)ところではエミルグライナーの理論値は実測値よりも大きな数

第1表 ガーレーとエミルグライナーの関係

ガーレー実測値 (sec/100cc)	エミルグライナー (cc/5分)	
	実 測 値	理 論 値
758.4	65.76	73.70
817.6	64.10	70.57
978.2	59.88	63.27
1,186.8	54.48	55.77
1,307.2	50.52	52.20
1,558.0	45.76	46.05
1,912.8	40.64	39.48
2,250.8	35.72	34.75
2,496.8	30.74	31.95
3,334.0	24.90	25.11
4,336.8	19.96	20.95
6,079.2	15.28	14.74
8,771.8	10.16	10.49
12,470.0	8.30	7.52
15,360.0	6.70	6.15
20,656.0	5.12	4.62

第6図 ガーレー、エミルグライナーの実測値と理論値の比較

第2表 ショッパーとガーレーおよび
エミルグライナーの関係

ショッパー 実測値 (cc/5分)	ガーレー (sec/100cc)		エミルグライナー (cc/5分)	
	実測値	理論値	実測値	理論値
0.5	49,180.0	48,192.0	2.0	2.01
1.0	24,588.0	24,096.4	3.9	3.97
1.5	16,280.0	16,064.2	5.7	5.89
2.0	12,357.0	12,048.2	7.7	7.77
3.0	8,050.0	8,032.1	11.3	11.39
3.5	6,787.0	6,884.7	13.4	13.15
4.0	6,030.0	6,024.1	14.7	14.87
5.0	4,634.0	4,819.2	18.4	18.19
6.0	4,084.0	4,016.1	22.5	21.31
7.0	3,398.0	3,442.3	25.8	24.43
8.0	3,010.0	3,012.1	27.6	27.37
9.0	2,680.0	2,677.4	31.5	30.19
10.0	2,386.0	2,409.6	33.5	32.90
13.0	1,860.0	1,853.6	40.5	40.44
15.0	1,650.0	1,606.4	43.5	45.03
17.0	1,450.0	1,417.4	47.9	49.31
20.0	1,210.0	1,204.8	52.9	55.20
25.0	972.0	963.9	62.1	63.86
28.0	870.4	860.6	65.5	68.00
30.0	815.5	803.2	67.2	71.31
35.0	698.4	688.5	74.5	77.67

第7図 ガーレー、ショッパーの
実測値と理論値の比較

第8図 エミルグライナー、ショッパーの
実測値と理論値の比較

第3表 ガーレーとエマニュエリーの関係

ガーレー 実測値 (sec/ 100cc)	圧力比 (P_1/P_2)	厚サ (mm)	エマニュエリー (E.U. 1×10^5)	
			実測値	理論値
48	0.092	0.130	1.61	1.61
124	0.233	0.110	4.82	4.90
172	0.323	0.105	6.38	7.12
478	0.876	0.130	15.32	15.98
515	0.986	0.115	19.49	19.48
642	1.324	0.071	42.40	39.31
736	1.396	0.110	28.86	29.09
888	1.687	0.117	32.79	32.99
970	1.848	0.075	56.03	56.23
1,074	1.974	0.075	59.85	62.26
1,188	2.184	0.070	70.95	73.78
1,396	2.726	0.072	86.09	84.29
1,550	2.919	0.108	61.46	62.39
1,672	3.271	0.073	101.89	99.58
1,780	3.367	0.073	104.88	106.00
2,100	4.217	0.109	87.98	83.76
2,550	4.826	0.105	104.52	105.59
3,100	5.778	0.058	226.53	232.37
4,250	8.769	0.078	255.64	236.89
5,400	10.522	0.062	385.92	378.68
6,700	13.188	0.062	483.70	469.84
8,900	16.931	0.063	611.27	614.21
9,400	18.148	0.062	665.62	659.18
12,600	24.641	0.064	875.53	855.97
12,800	24.103	0.061	898.50	912.30
13,300	27.600	0.062	1,012.29	932.67
15,200	30.667	0.062	1,124.78	1,065.91
16,800	35.429	0.063	1,278.82	1,159.41
19,000	41.870	0.064	1,487.69	1,290.75
30,000	55.111	0.058	2,160.68	2,248.81

字を示しており、気密度の高いところでは逆の結果を示している。

僅かではあるが理論値と実測値の間に差が生ずる原因として次のようなことが考えられる。

a) エミルグライナーにおける圧力差の時間的変化を指数関数でなく直線的に変化するという近似的な方法を用いたこと。

b) ガーレー測定器の測定範囲は2~1800sec/100ccと定められており²⁾、それ以上の高気密紙の測定では誤差が多くなること。

ii) ショッパーとガーレーおよびエミルグライナーの関係

ショッパーの値を規準にし、ガーレーの実測値および(27)式より求めた理論値、さらにエミルグライナーの実測値と(28)(24)式より求めた理論値を第2表および第7、第8図に示した。

これらの結果から理論値と実測値が非常に良く一致していることが認められる。特にショッパーとガーレー

第9図 ガーレー、エマニュエリーの
実測値と理論値の比較

第10図 ガーレー、エマニュエリーの関係

ーの関係は、エミルグライナーとガーレーの関係よりも良く一致している。ショッパー測定器は透気度の大小にかかわらず測定器内の減圧度が常に-100mmと一定であることが第一の原因であろう。

iii) エマニュエリーとガーレーの関係

エマニュエリー測定器における圧力比 P_1/P_2 を(34)式に入れて求めたエマニュエリーの実測値とガーレーの実測値および(35)式より求めた理論値を第3表および第9図に示した。これらの結果から明らかに、両者の関係は理論的にも実験的にも非常に良く一致している。第10図は(33)式より、厚さ d をパラメータとしてガーレーとエマニュエリーの関係を示したものである。

III 空気マイクロメータを応用した透気度試験器

空気マイクロメータを応用した国産試験器として、スムスターと王研式の2台を取りあげてみた。両試験器の特徴は測定が迅速に完了することであり、スムスターが真空式であるのに対し、王研式は低圧噴出式であることが根本的な相違点である。本試験器のスタートはどちらかと言えば平滑度の測定が主目的であったようであるが、需要家の要望により透気度の方がかえって充実して来たようである。現在では高気密度測定用には特殊なクランプ式ヘッドも製作されたのでここに特に透気度の高い紙を主眼として、測定の迅速性、精度および従来の透気度試験器との関係について

(1) 実験方法

i) スムースター

略図を第11図に示した。真空ポンプで空気を吸引すると試料を通してのみ空気が浸入するようになっていく。ヘッドと絞りの間の管内圧力は試料の透気度に

第11図 スムースターの原理図

検討した。

比例するので、この圧力をマンオメータで読めば透気度を知ることが出来る。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。またマンオ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てある。

従来の透気度試験器との関係としては、ガーレーおよびエミルグライナーについて実験的に求めた。

ii) 王研式透気度試験器

略図を第12図に示した。高圧の空気を定圧装置を通して水柱約1m程度の圧力にして上方の管から供給する。第1室はその下からパイプが出て水槽に入っているの、この部屋の空気圧はこの水柱の高さに等しい圧力で一定に調節される。第1室と第2室は毛細標

第12図 王研式透気度試験器の原理図

準管でつながっており、第2室は水柱マンオメータと試料挿入のヘッドにつながっている。この装置で気密度の高い紙を測定すると第2室の空気圧は上がり、マンオメータ内の水面は押し下げられる。気密度の高い紙では第2室の圧力は低下し水柱は上方に上がってくる。

測定にあたっては、圧力指示 0.08kg/cm² およびマンオメータの零点が合っているのを確かめた後、ヘッドの下に試験片を挿入し、ハンドルを右に廻して締めればマンオメータの水面は直ちに下がり始める。静止した位置のスケールの読みが「ガーレー」秒数をあらわす。

従来の透気度試験器との関係としては、ガーレーおよびエミルグライナーについて実験的に求めた。

(2) 実験結果および考察

スムースターとエミルグライナーおよびガーレーとの関係を夫々第13図および第14図に示した。

第12図において、エミルグライナーで0~35cc/5分の範囲では直線的な関係を示しているが、それ以上は曲線になっている。これはシボリの直径を0.35mm程度にすれば直線になると考えられるが、シボリを余り小さくすると空気流動のバランスがとれなくなり誤差が大きくなるのと同時に、測定に長時間を要する結果となるので思わしくない。

王研式透気度試験器とエミルグライナーおよびガーレーの関係を夫々第15図および第16図に示した。両図ともに非常に広範囲に直線関係が得られたが、この理由としてはノズルに毛細管を使用し、細管内の流れ

第13図 エミルグライナーとスムースターの関係

(但しスムースター、クランプ式)
(ヘッド、シボリ 0.4mm 使用)

第14図 ガーレーとスモースターの回帰直線
(但し スモースター、標準ヘッド、シボリ0.4mm)
(使用、ガーレー測定範囲 150~3000sec/100cc)

第15図 エミルグライナーと王研式の回帰直線
(但し 王研式、シボリ0.2mm使用、測定範囲
エミルグライナーで 0.6~61.0cc/5min)

を整流にし、目盛の均一性をはかったためと思われる。

この結果から、従来エミルグライナーで測定に5分間を要したものが、またガーレー値に換算して約 50000 sec/100cc 程度のものが、約1分程度で測定可能であることが明らかになった。

第16図 ガーレーと王研式気密度の回帰直線
(但し 王研式、シボリ0.3mm使用、
測定範囲ガーレーで 30~1300sec/100cc)

IV 気密度標準片について

本報においても、測定器間の関係を求めるのにやむなく紙を用いたが、金属毛細管を用いる方が望ましいのは当然である。

(1) 標準片の作製方法

毛細管としては長さおよび内径の異なる白金毛細管

第17図 B型ガーレーと標準片

およびステンレス毛細管を使用した。すなわち内径は $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{5}$ mm の4段階、長さは1~3cmまでの5段階とした。

毛細管中にピアノ線を通し、外周に鋭利な刃物で傷をつけ、少し曲げて切断した後仕上する。一方、薄い樹脂板または金属板を大きさ約45×80mmに切り、第17図(A)のように中央部に直径1mm以下の孔をあけ、其処に毛細管を入れて接着する。試験器に挿入した場合の空気洩れを防止するため、上下両面にゴムパッキンを添付する。

(2) 測定方法

第17図(B)はB型に標準片をセットした際の斜面図である。

B型の場合：毛細管が長い場合にはそのままで入らないので、外筒を左に廻し標準片が容易に入るまで間隔をあけた後、紙試料の場合と同様にセットして測定する。

A型の場合：2個のナットを外し、上ぶたを取りガasket上へ下部パッキンを当て、毛細管部が中心になるようセットして上部パッキンを当て、上ぶたの2個のナットで均一に締め紙の場合と同様に測定する。

以上A, Bいずれの型においても測定方法は非常に簡単であるが標準片検討の際は主としてB型を使用した。

(3) 実験結果および考察

ガーレーで測定して20秒から1000秒程度までの間にある各種の標準片を作り、その再現性を検討したところ極めて良好であった。10回ずつ測定した時の母平均の95%信頼限界を第3表に示した。

次に問題になるのは標準片の経年変化である。標準

第4表 標準片の再現性 (単位: 秒/100cc)

種別	平均値 (μ)	母平均の95%信頼限界
A	37.9	$37.66 < \mu < 38.14$
B	135.9	$135.47 < \mu < 136.33$
C	368.9	$368.24 < \mu < 369.56$
D	598.7	$596.31 < \mu < 601.08$
E	932.5	$928.82 < \mu < 936.18$

第5表 標準片の経年変化

種別 \ 経年	0	0.5	1	1.5	1.66
A	37.9	37.8	38.0	37.9	37.8
F	141.0	140.0	139.5	140.5	141.0
G	360.0	359.0	359.0	357.5	358.0
H	586.0	588.0	585.0	584.0	585.5
I	873.0	870.5	871.0	869.6	870.4

片を最初製作したのが35年4月であり、それ以後、6カ月毎に36年12月まで測定し、結果を第4表に示した。この結果から1年8カ月までの間では変化が認められないと言うことが出来る。

標準片の取扱に関して特に注意を要するのは、毛細管中にホコリまたはゴミが入らないよう保存時に注意する。測定前にエアーガンなどで一旦ホコリを除去すれば最も理想的であるが、通常はきれいなピアノ線を通してやればよい。

V 総括

ガーレーデンソメータ、エミルクライーポロシテメータ、ショッパ式透気度試験器、エマニュエリーポロシテメータ、王研式透気度試験器およびスmusterなど6種類の試験器について、それぞれの測定法ならびに各測定器間の関係を理論値と実測値の両面から検討した。

(1) ガーレー (G) とエミルライナー (E) の実測値と理論値とはよく一致しているが、気密度の低いところではエミルライナーの実測値は理論値よりも小さい数字を示しており、気密度の高いところではその逆である。またその関係は次の2つの理論式によって表わされる。

$$V_e = \frac{83046.6}{0.803t_G + 513.34}$$

$$V_E = \frac{(979 + 0.675V_e)V_e}{1033}$$

(2) ショッパ (S) とガーレーおよびエミルライナーにおける理論値と実測値の関係は非常に良く一致しており、特にショッパとガーレーの関係はエミルライナーとガーレーの関係よりも良く一致している。ショッパとガーレーは次の式によって表わされる。

$$t_G = \frac{24096.38}{V_S}$$

(3) エマニュエリー (M) とガーレーにおける理論値と実測値の関係も非常に良く一致しており、次の関係が成立する。

$$A_M = 43.478 \times t_G / d$$

$$t_G = 523.023 \times P_1 / P_2$$

(4) スmuster (SM) および王研式 (O) の両透気度試験器は共にガーレーなどの従来の試験器と密接な関係があり、精度も優れており、特に迅速に測定出来るので高気密度紙の工程検査用として優れたものである。

ガーレーとスmusterの関係は次の2つの式で表わされる。

$d=0.4\phi$ 標準ヘッド使用の場合
 $\log H_{SM} = -1.146 \log t_G + 5.122$
 $d=0.4\phi$ クランプ式ヘッド使用の場合
 $\log H_{SM} = -0.638 \log t_G + 4.247$
 但し d =オリフィスの径
 次にガーレーと王研式の関係は次の実験式で表わされる。
 $d=0.3\phi$ $L=30\text{mm}$ の場合
 $\log T_0 = 0.965 \log t_G + 0.0818$
 但し d =毛细管内径

(5) 透気度試験器の精度および器差の検定などの標準試料として、大抵の場合紙が用いられて来たが、これにはいろいろと問題があるので、金属毛细管をもった標準板を作製したところ、10~1300sec/100cc の範囲内では再現性が良好で、かつ経年変化も現在まで約2年間変化のないものが得られた。

文 献 抄 録

(578 頁より)

〇イオン交換法によるアンモニウムベース亜硫酸廃液からのアンモニアの回収

W. R. Effer, E. W. Hopper and H. B. Marshall:
 P. P. M. C 62 No. 10. (Oct. 1961) p. T-447-454
 NH_3 ベース SP 廃液を強酸性陽イオン交換樹脂に通して NH_3 を吸着させ、 SO_2 溶液で溶離回収する方法についての研究である。

回収効率は NH_3 以外の多価カチオンによって悪影響を受けるが、これを除去するため2系列の樹脂を用い、第1のカラム(A)で多価カチオンを除去し、第2のカラム(B)で NH_3 を吸着する方法を採った。(A)の再生にはリグニンスルホン酸及び NH_4HSO_3 溶液を用いたが、後者がより有効であった。(B)の再生には SO_2 溶液を用いその流出液は蒸解原液として用いる。回収効率は SO_2 溶液の量、濃度、温度により異なるが、68.5%から82.7%であった。

この方法の長所は、蒸発、燃焼工程を必要とせず、設備が簡単であり、特別の薬品を必要とせぬ点であり、通常の SP 工場に容易に応用できる。 NaHSO_3 溶液を用いれば Na ベース廃液の回収にも応用できる。

引 用 文 献

- 1) J. P. Casey; "Pulp and Paper" Vol. III 1281 p (1961) New York
- 2) 木村, 寺谷; 木材研究 No. 16 70 (昭 31)
- 3) W. Dieterle, Basel; Bull. Schweiz. Elek. Vereins, Nr. 13. 3. (1960)
- 4) 松下, 渡辺; "紙パルプ技術の友" Vol. X 8p (1959)
- 5) K. G. Chesley, E. D. Jones, and R. L. Jruax; Tappi 42. 299 (1959)
- 6) JIS C 2111 (電気絶縁紙試験方法) 8p —1960
- 7) JIS P 8117

樹脂を連続使用すると交換容量は若干低下するが、弱い酸化処理によって殆んど回復させ得る。

(名井 博)

〇二酸化塩素生成法における最近の傾向

J. F. Serafin and H. C. Scribner: Pulp and Paper Mag. Can.: 62 No. 10 T-473 (Oct. 1961)

ClO_2 製造法に関する Mathieson 法と ER-2 法についての最近の進歩について比較検討を行なっている。副成して来る流出排液中の硫酸以外の成分、即ち Na_2SO_4 及び Cl_2 を、別に利用することの出来るような KP 工場の場合、ER-2 法の方が、Mathieson 法よりも、 ClO_2 1lb 当り 1.3¢ のコスト高になる。但し、これは、Mathieson 法における ClO_2 収率を 90% として計算したものである。実際には、多くの工場では 90% 以下の収率で運転しているので、このような処では、ER-2 法の方が経済的に魅力がある。特に、排液中の硫酸をも利用出来るような工場においては、なお更である。大量の ClO_2 の製造を必要とする工場においては、ER-2 法の方が、設備資金が少なくて済む。更に、反応がより簡単な上、大した問題なくオートメーション出来ると言う利点が ER-2 法には有る。

(佐藤 昇)