たばこ材料用紙の高通気度化によるたばこの 通気抵抗および空気流入割合への影響

日本専売公社中央研究所 武田和子, 寺原篤夫, 前田和生

Effect of the Increase in the Permeability of Paper Materials for Cigarettes on the Pressure Drop and the Ventilation Rate of Filter Cigarettes

Kazuko Takeda, Atsuo Terahara and Kazuo Maeda

Central Research Institute, The Japan Tobacco and Salt Public
Corporation, 6-2 Umegaoka, Midori-ku, Yokohama 227, Japan

Investigations on perforated tipping, cigarette paper, and porous filter plug wrap paper were carried out to obtain fundamental data related to the design of a ventilated cigarette: the cigarette pressure drop and the ventilation rate. Two series of test cigarettes were fabricated and examined. One series combined 6 layers of perforated tipping paper and 5 layers of perforated cigarette paper, and the other combined 5 layers of perforated tipping paper and 3 layers of porous plug wrap paper. Permeability was used as a parameter to make clear the effect of these paper materials on the cigarette pressure drop and the ventilation rate. The main results are as follows.

When the value of the permeability of the cigarette paper, the tipping paper, and/or the plug wrap paper increases, the ventilation rate through each portion increases and the cigarette pressure drop decreases.

For reducing the pressure drop, it is more effective to increase the permeability of the tipping and plug wrap combination than to increase the permeability of the cigarette paper. On the other hand, for increasing the ventilation rate, it is more effective to increase the permeability of the cigarette paper than the tipping and plug wrap combination.

Keywords : Permeability · Cigarette papers · Tipping papers · Filter plug
wrap papers · Ventilated cigarette · Pressure drop · Ventila-
tion rate

1. 緒 言

最近, 世界各国において, 喫煙と健康問題に対応した低タール低ガスたばこの開発が活発化している。その有効な手段の一つに, 巻紙 (ライスペーパー), チップペーパー, フィルタープラグ巻取紙などのたばこ材料用紙の高通気度化がある。これらを適用した開孔

たばこは, たばこの燃焼過程における燃焼速度の調節, 煙の希釈, 低分子ガスの拡散等をおこし煙成分の調整が図られるものである。そして欧米諸国では, この開孔たばこの開発が進む中で, これらの材料用紙も年々多様化している。

わが社においては, 昭和40年代の初期から開孔巻紙, 開孔チップペーパー等の研究を開始し, 製品にも多数

本報の内容の一部は昭和56年度紙パルプ研究発表会 (昭和56年6月2日) で発表している。

適用する一方、これら開孔たばこの煙成分の改質と低減に関する挙動を空気流入割合および通気抵抗を特性値として解明してきた。本報では、たばこ材料用紙の通気度と、これらを用いた開孔たばこの空気流入割合および通気抵抗との関係について調べた結果を報告する。

2. 試料および実験方法

通気性の異なる多種類の材料用紙に、たばこの刻みとフィルター素材を組み合わせる2シリーズの試料たばこを巻き上げ、これらの空気流入割合、通気抵抗、また各材料用紙の通気度を測定した。試料たばこシリーズ1は通気度の異なる巻紙とチップペーパーの組み合わせ効果、シリーズ2は通気度の異なるプラグ巻取紙とチップペーパーの組み合わせ効果、の解明を目的とした。

2.1 材料用紙

図1に示すようにフィルター付きたばこに、たばこの刻み（以下、刻みと略す）を巻いている巻紙、フィルター素材を巻いているフィルタープラグ巻取紙（以下、巻取紙と略す）、および刻み部とフィルター部を接続するチップペーパーの3種類の材料用紙が使用されている。本実験に使用された各材料用紙の通気度は以下のとおりである。

2.1.1 巻紙

巻紙の物性値を表1に示す。

通常巻紙一目標通気度 $10 \text{ ml/min} \cdot \text{cm}^2 \cdot 100 \text{ mm H}_2\text{O}$ （以下、 ml/min と略す）—および通気度5水準の電気開孔巻紙一目標通気度 35, 100, 200, 300, 370 ml/min —の計6種類の巻紙を使用した。他の物性値は同一である。

2.1.2 巻取紙

巻取紙の物性値を表1に示す。

通気度3水準の多孔性巻取紙—目標通気度 1,360, 6,000, 11,000 ml/min —を使用した。これらはメーカーが異なるため他の物性値は統一されていないが、本実験の目的上支障はなかった。

2.1.3 チップペーパー

チップペーパーの物性値を表2に示す。

2種類の無開孔チップペーパーと、それらに機械的な開孔を施した9種類の機械開孔チップペーパーとを使用した。通気度の変化は、開孔列数の増減で行った。

チップペーパーAグループは、長さ24 mmの原紙を0（無開孔）、1, 3, 5, 7, 9列に開孔したもので、開

Fig. 1 Sketch of filter cigarette and cross section of ventilated filter.

* Unglued region between tipping and plug wrap paper to ensure the effect of the tipping perforation.

** Distance from the mouth end of the filter to the center of the perforated zone in tipping.

Table 1 Physical data of cigarette paper and plug wrap paper.

Paper material	Weight (g/m ²)	Thickness (μ)	Permeability (Expected) (ml/min)
Cigarette paper 1	22	31	10
2*	22	31	35
3*	22	31	100
4*	22	31	200
5*	22	31	300
6*	22	31	370
Plug wrap paper a**	26	43	1,360
b**	18	49	6,000
c**	30	77	11,000

* Electrically perforated paper; base paper permeability is 10 ml/min .

** Porous paper.

孔位置を全開孔列の中心からフィルターの吸口端までの距離で表わすと（図1参照）13.1 mmであった。チップペーパーBグループは、長さ30 mmの原紙を、0（無開孔）、1, 2, 5, 8列に開孔したもので開孔位置は11.5 mmであった。A, Bグループ共に、開孔された孔の形状は0.2 mm × 0.4 mmの長方形で、開孔個数は15個/列で一定である。

Table 2 Physical data of tipping paper.

Material	Length (mm)	Base paper		Mechanical perforation*		
		Weight (g/m ²)	Thickness (μ)	Number of rows of holes	Hole position (mm)	Separation of neighbouring rows (mm)
A-0,1,3,5,7,9**	24	34	43	0,1,3,5,7,9	13.1	0.3
B-0,1,2,5,8**	30	37	43	0,1,2,5,8	11.5	0.2

* Oblong hole 0.4 mm long by 0.2 mm wide; fifteen holes in a row.

** corresponds to the number of rows of holes.

ところで、本実験で検討しようとするフィルターからの空気流入割合は、材料用紙の通気度の他にフィルター開孔の位置による影響を受ける。すなわち、他の条件が同一のたばこでは、チップペーパーの開孔位置が吸口端に近いほど、燃焼側の先端から開孔部までの刻みとフィルターによる内部抵抗が高くなるので、フィルター開孔部からの空気流入割合が大きくなる。従って、フィルター開孔部の通気性と空気流入割合との関係を明らかにするには、機械開孔チップペーパーの場合の通気度の増加は、開孔位置が同一になるように本来1列の中での孔数の増加によるべきであるが、本実験では技術的な理由から開孔列数の増加によって行い、またその開孔位置は、開孔部の中心から吸口端までの距離で統一した。

2.2 試料たばこの作製

2.2.1 試料たばこシリーズ 1

巻取紙、フィルター素材、刻みの葉組と重量を同一にした上、通気度の異なる5種類の巻取紙 1,3~6 と6種類のチップペーパー A グループとを組み合わせた30種類の開孔たばこを巻き上げ、試料たばこシリーズ1とした。仕様を表3に示す。

たばこのサイズは全長 85 mm フィルター長 20 mm で、フィルター素材は高沔過性アセテート繊維（繊度 2.5 Filament Denier, Y断面, 46,000 Total Denier), 巻取紙 a, 葉組はブレンド α を用い、たばこ重量は 1.05 g/本であった。なお、フィルター開孔部のドライゾーンの幅（図1参照）は開孔効果を保障するために、各チップペーパーの開孔幅より 2 mm 程度広く設定した。

2.2.2 試料たばこシリーズ 2

巻紙、フィルター素材、刻みの葉組と重量を同一にして、通気度の異なる3種類の巻取紙 a~c と5種類のチップペーパー B グループとを組み合わせた15種類の開孔たばこを巻き上げ、試料たばこシリーズ2とした。仕様を表3に示す。

たばこのサイズは全長 85 mm フィルター長 25 mm

で、フィルター素材は同じく高沔過性アセテート繊維（2.2 FD, Y断面, 40,000 TD), 巻紙 2, 葉組はブレンド β を用い、たばこ重量は 0.85 g/本であった。なお、ドライゾーンの幅は試料たばこシリーズ1と異なり、開孔列の最も多い8列開孔の幅 3 mm より極めて広い 9 mm に統一し、ラップ部はのり付けした。

2.3 測定方法

2.3.1 材料用紙の通気度

紙の両面に差圧をかけると紙の空隙を通して空気が流れるが、その流れ方や量は紙の構造によって異なる。それらの通気特性を数値としてとらえるために、一定条件下で紙を通過する量を通気度とし、その測定のために新たな通気度測定機¹⁾を開発した。これは一定差圧下 (100 mmH₂O) で一定面積の紙を通過する空気の流量を測定する方式で、表示単位は ml/min・cm²・100 mmH₂O である。図2に通気度測定機の概略を示す。なお、同様の測定方式が 1979 年 11 月 ISO standard

Fig. 2 Schematic diagram of apparatus for measuring permeability of paper materials.

Table 3 Design of test cigarettes.

Test cigarette	Combination of paper materials			Width of dry zone (mm)
	Tipping paper (Number of rows of holes)	Plug wrap (Expected permeability) (ml/min)	Cigarette paper (Expected permeability) (ml/min)	
Series 1*	A-0 (0)	a (1,360)	1 (10)	0
			3 (100)	0
			4 (200)	0
			5 (300)	0
			6 (370)	0
	A-1 (1)	a (1,360)	1 (10)	2.5
			3 (100)	2.5
			4 (200)	2.5
			5 (300)	2.5
			6 (370)	2.5
	A-3 (3)	a (1,360)	1 (10)	3.4
			3 (100)	3.4
			4 (200)	3.4
			5 (300)	3.4
			6 (370)	3.4
	A-5 (5)	a (1,360)	1 (10)	4.3
			3 (100)	4.3
			4 (200)	4.3
			5 (300)	4.3
			6 (370)	4.3
	A-7 (7)	a (1,360)	1 (10)	5.2
			3 (100)	5.2
			4 (200)	5.2
			5 (300)	5.2
			6 (370)	5.2
	A-9 (9)	a (1,360)	1 (10)	6.2
			3 (100)	6.2
			4 (200)	6.2
			5 (300)	6.2
			6 (370)	6.2
Series 2**	B-0 (0)	a (1,360)	2 (35)	9.0
		b (6,000)	2 (35)	9.0
		c (11,000)	2 (35)	9.0
	B-1 (1)	a (1,360)	2 (35)	9.0
		b (6,000)	2 (35)	9.0
		c (11,000)	2 (35)	9.0
	B-2 (2)	a (1,360)	2 (35)	9.0
		b (6,000)	2 (35)	9.0
		c (11,000)	2 (35)	9.0
	B-5 (5)	a (1,360)	2 (35)	9.0
		b (6,000)	2 (35)	9.0
		c (11,000)	2 (35)	9.0
	B-8 (8)	a (1,360)	2 (35)	9.0
		b (6,000)	2 (35)	9.0
		c (11,000)	2 (35)	9.0

* Cigarette size : overall length, 85 mm ; filter length, 20 mm ; tobacco column length, 65 mm ; circumference, 25 mm. Tobacco : blend α . Filter tow : acetate, 2.5 filament denier, 46,000 total denier. Cigarette weight : 1.05 g/cigarette.

** Cigarette size : overall length, 85 mm ; filter length, 25 mm ; tobacco column length, 60 mm ; circumference, 25 mm. Tobacco : blend β . Filter tow : acetate, 2.2 filament denier, 40,000 total denier. Cigarette weight : 0.85 g/cigarette.

2965²⁾として採用され、1980年、同測定方式が日本専売公社規格となった。

巻紙および巻取紙の通気度は、上記の通気度測定機で測定した。機械開孔チップペーパーについても、開孔された孔のサイズ、数、列数による通気性の差異を通気度で表わすことができるが、開孔部が帯状であるので専用のサンプルホルダー・アタッチメントを用い一定長さについて通気度測定機で測定し、表示単位を $\text{ml}/\text{min} \cdot \text{cm} \cdot 100 \text{ mmH}_2\text{O}$ とした。

図1から明らかなようにフィルター開孔部では、空気はチップペーパーの孔を通過しドライゾーンを経てさらに巻取紙の細孔を通過した後、フィルター素材に到達する。従って、フィルター開孔部の実際の通気性を把握するために、チップペーパーの開孔部と巻取紙とをドライゾーンを経て積層した通気度も同様に測定した。

なお、本測定は JIS 8111 に基づいて、試料を温度 20°C 、相対湿度 65% RH で調和後、同大気条件下で行った。

2.3.2 たばこの空気流入割合

たばこの品質（煙成分、香気味等）を決定する主な要因の一つは、巻紙やフィルターからの空気の流入である。これらの空気の量は「空気流入量」あるいは「空気流入割合」で表わされ、たばこの特性値として用いられている。一般に「空気流入量」とは、たばこの巻紙やフィルター部を通して入ってくる空気の体積または流量を表わし、「空気流入割合」とは、たばこの吸口端を通過するすべての空気の体積または流量に対する「空気流入量」の百分率を表わし、図3に示すような式で求める。これらの定義及び測定法の規格化は、1977年以降 ISO-TC 126 (Technical Committee, Tobacco and Tobacco products) において現在検討中であるが⁴⁾、測定法については既に種々発表されており市販されている測定機もある⁵⁻⁹⁾。わが社では著者らが開発試作したベンチレーション・メーターを用いて測定しており、そのダイアグラムを図4に示す。サンプルホルダー内の3か所に装着された二重のラテックス・リングによって試料挿入後ホルダー内は四室に分割され、開孔たばこにおける空気のすべての流れを先端部、巻紙部、フィルター部、吸口部に分けることができる。吸口部以外の各室の大気

$$Q_t + Q_p + Q_f = Q = 17.5^*$$

$$V_p (\%) = \frac{100 Q_p}{Q} = \frac{100 Q_p}{17.5^*}$$

$$V_f (\%) = \frac{100 Q_f}{Q} = \frac{100 Q_f}{17.5^*}$$

$$V_{pf} (\%) = \frac{100 (Q_p + Q_f)}{Q} = \frac{100 (Q_p + Q_f)}{17.5^*}$$

where:

Q_t = air flow from lighting top (ml/sec)

Q_p = air flow through cigarette paper (ml/sec)

Q_f = air flow through filter (ml/sec)

Q = exit air flow at a constant rate of 17.5^* (ml/sec)

V_p = ventilation rate through cigarette paper (%)

V_f = ventilation rate through filter (%)

V_{pf} = ventilation rate through cigarette paper and filter (%)

Fig. 3 Definition of ventilation rates.

* according to the standard puff volume for cigarette-smoking machines specified in ISO 3308-1977³⁾.

Fig. 4 Schematic diagram of the ventilation meter.

* according to the standard puff volume for cigarette-smoking machines specified in ISO 3308-1977³⁾.

側に内部抵抗の極めて低い高精度な熱式質量流量計を接続し、試料たばこの吸口端より定速流量 $17.5 \text{ ml}/\text{sec}$ で吸引した際に各部分から流入する空気の流量を個別に測定する。これらの測定値は電気信号としてコンピ

Table 4 Permeability of paper materials.

Paper materials	Permeability	
	Expected (ml/min)	Measured (ml/min)
Cigarette paper 1	10	13
2	35	37
3	100	100
4	200	197
5	300	304
6	370	370
Tipping paper A-0	—	0
A-1	—	720
A-3	—	2,270
A-5	—	3,980
A-7	—	5,670
A-9	—	8,280
B-0	—	0
B-1	—	670
B-2	—	1,350
B-5	—	3,020
B-8	—	4,700
Plug wrap paper a	1,360	1,300
b	6,000	6,100
c	11,000	11,000

Fig. 5 Permeability of the tipping and plug wrap combination.

Test cigarette Permeability of plug wrap (ml/min)

○ : Series 1 a : 1,300

● : Series 2 b : 6,100

○ : Series 3 c : 11,000

ューターに送られ空気流入割合として算出される。

本実験では未燃焼のたばこについて、このベンチレーション・メーターで測定した。なお本測定は、試料たばこを温度 20°C 相対湿度 60% RH で調和後、同大気条件下で行った。

2.3.3 たばこの通気抵抗

たばこの物理的性質を表す主な特性値として用いられる通気抵抗は、喫煙者がたばこを吸引するのと同じ方向に、たばこの吸口端において空気を定速流量 17.5 ml/sec で通気したときに生じる圧力差（大気圧に対する圧力降下）を表わし、水柱の高さ mmH₂O で表示される。通気抵抗は空気流入割合と同様に、煙成分や香嗅味、特に生理的喫い易さ等たばこの品質を決定する大きな要因で刻みやフィルターの充填状態や材料用紙の通気度で決まる。

本実験では、未燃焼のたばこについて差圧式通気抵抗測定器¹⁰⁾によって測定した。測定は 2.3.2 と同一の大気条件下で行った。

3. 結果および考察

3.1 材料用紙の通気度

3.1.1 各材料用紙の通気度

各材料用紙の通気度測定結果を表 4 に示す。

巻紙および巻取紙の通気度は、目標通気度とほぼ一致した。チップペーパーは、A, B グループ共に設計上は同一のサイズ、孔数で列数のみを変えた開孔チップペーパーであるが、通気度測定値は列数と完全には対応していなかった。これは光学的観察から実際に開けられている孔のサイズが均一でないためであることが分かった。

3.1.2 チップペーパーと巻取紙の積層通気度

図 5 に測定結果を示す

チップペーパーの通気度の増加に伴い積層通気度は増加し、その増加割合は組み合わせられた巻取紙の通気度が高いほど大きかった。特に通気度の高い巻取紙 b, c との組み合わせでは、チップペーパーの通気度 3,020, 4,700 ml/min・cm²・100 mmH₂O (以下 ml/min と略す) (5, 8 列開孔) における積層通気度が著しく高く、チップペーパー通気度の増加による積層通気度への効果がほぼ直線的であった。従って、積層通気度を高くするには、チップペーパーと同様に高通気度の巻取紙を用いることが極めて有効であることが分かつ

Fig. 6 Ventilation rate through filter of test cigarettes series 1.

Permeability of cig. paper (ml/min)

1 : 13 3 : 100 4 : 197

5 : 304 6 : 370

た。

巻取紙 a とチップペーパーとの積層通気度において、試料たばこのシリーズ 1 とシリーズ 2 との間に明らかな差がみられたが、これはドライゾーンの幅の差によるものと考えられる。

通常、紙を重ね合わせたときの積層通気度の逆数は各通気度の逆数の和に等しい⁽¹⁾が、一方の紙が開孔チップペーパーのように開孔部分においてのみ通気性がある場合は、この法則には従わず通気性が著しく低下すると考えられる。また、上記のようにドライゾーン幅の影響もあり、これらについては引き続き検討中である。

3.2 空気流入割合

3.2.1 フィルターからの空気流入割合

試料たばこシリーズ 1 のフィルターからの空気流入割合（以下 V_f と略す）の測定結果を図 6 に示す。

チップペーパーの通気度が高くなるに従って V_f は増加したが、その増加割合はチップペーパーの通気度が高くなるに従い順次小さくなった。通常巻紙 1 との組み合わせでは、チップペーパーの通気度 720 ml/min (1 列) で V_f が 19% であったのが、8,300 ml/min (9 列) で 50% になった。しかし、組み合わせられた巻紙の通気度が高くなると V_f は小さく、チップペーパー通気度の増加による V_f への効果も小さくなった。

ところで、これらの V_f の測定値には 2.1.3 で述べた開孔位置の影響が係っており、開孔列の多いチップペーパーでは吸口端に近い孔の列の効果が大きいので、結果的に V_f は位置の影響の無い場合に比べて大きくなったと考えられる。次に述べる試料たばこシリーズ 2 の V_f についても同様に、また V_f と関連して後述の巻紙からの空気流入割合および通気抵抗の測定値に

Fig. 7 Ventilation rate through filter of test cigarettes series 2.

Test cigarette Permeability of tipping (ml/min)

○ : Series 2 B-1 : 670

● : Dual filter B-2 : 1,350

variation* B-5 : 3,020

B-8 : 4,700

* consists of plain filter and charcoal filter, and for its make, plug wrap is used doubly.

もこの影響はおよぶと考えられる。

試料たばこシリーズ 2 における巻取紙通気度と V_f との関係を図 7 に示す。参考値として、シリーズ 2 のバリエーションとして作製したデュアル・フィルター付きたばこの測定値もプロットした。但し、 V_f は先端から開孔位置までの内部抵抗がシリーズ 2 のそれと同一になるように調整後測定し、巻取紙の通気度は 2 枚を積層して測定した。

図 7 から明らかなように、巻取紙通気度の増加に伴って V_f は増加したが、その増加割合は通気度が高くなるに従って順次小さくなった。また、組み合わせられたチップペーパーの通気度が高いほど V_f は大きかった。これらの傾向は 3.1.2 で述べた積層通気度の結果とおおよそ一致し、チップペーパー通気度 3,020, 4,700 ml/min (5, 8 列開孔) の V_f は巻取紙通気度 6,100~11,000 ml/min で著しく高く、67~82% にも達した。従って、チップペーパーのみならず巻取紙の通気度を高くすることが、積層通気度つまりフィルター開孔部の通気性を高め V_f を大きくすることに有効であるといえる。これらの結果を、たばこの商品設計上の立場から考えると、高い V_f を得るには巻取紙とチップペーパーのどちらも通気度の高いものを選択す

Fig. 8 Ventilation rate through cigarette paper of test cigarettes series 1.

Permeability of tipping (ml/min)

A-0: 0 A-1: 720 A-3: 2,270
A-5: 3,980 A-7: 5,670 A-9: 8,280

Fig. 9 Relation between ventilation rate through filter and ventilation rate through cigarette paper.

Test cigarette	Permeability of cig. paper (ml/min)
○ : Series 1	1 : 13 2 : 37
● : Series 2	3 : 100 4 : 197
	5 : 304 6 : 370

る必要があるが、低・中程度の V_f を得るには両者の通気度の組み合わせは比較的自由に選択できることが分かる。

3.2.2 巻紙からの空気流入割合

試料たばこシリーズ1の巻紙からの空気流入割合(以下 V_p と略す)の測定結果を図8に示す。

巻紙通気度の増加に伴い V_p は増加したが、その増加割合は巻紙通気度が高くなるに従って順次小さくな

Fig. 10 Effect of permeability of paper materials on cigarette pressure drop.

Test cigarette	Permeability (ml/min)
	Cig. paper Plug wrap
○ : Series 1	1 : 13 a : 1,300
● : Series 2	3 : 100 b : 6,100
	4 : 197 c : 11,000
	5 : 304
	6 : 370

った。無開孔チップペーパーとの組み合わせでは、巻紙通気度 13 ml/min で V_p が5%であったのが、370 ml/min で72%にも達したが、組み合わせられたチップペーパーの通気度が高くなると V_p は小さく巻紙通気度の増加による V_p への効果も小さくなった。

試料たばこシリーズ1, 2の V_f と V_p との関係を図9に示す。

V_f の増加に伴って V_p は減少し、その減少割合は巻紙通気度の高いものほど大きかった。3.2.1で明らかのように本実験の V_f の増減はチップペーパーと巻取紙との積層通気度の増減、すなわち試料たばこシリーズ1ではチップペーパー、シリーズ2ではチップペーパーと巻取紙両者の通気度の増減によっていることから、 V_p は併用されたチップペーパーおよび巻取紙の通気度が高いほど小さくなるといえる。

3.3 通気抵抗

試料たばこシリーズ1, 2の通気抵抗の測定結果を図

10 に示す。

チップペーパーの通気度が増加するに従って通気抵抗は低くなり、その低減効果は通気度 0～約 700 ml/min (開孔 1 列相当) が最大でそれ以上では順次小さくなった。また、組み合わされた巻紙および巻取紙の通気度が高いほど通気抵抗は低かった。これは 3.2 で明らかなように各材料用紙の通気度が高いほど V_f や V_p が増加した結果に因る。

試料たばこシリーズ 1 と 2 とでは二つの曲線群の傾向は異なり、シリーズ 2 の巻取紙 a の曲線が、同一の巻取紙 a を使用したシリーズ 1 の曲線群と傾向が一致しなかったのは、使用した刻みやフィルター素材自体の通気抵抗、開孔位置およびドライゾーン幅が異なるためである。

3.4 通気抵抗と空気流入割合との関係

試料たばこシリーズ 1, 2 の、巻紙通気度と、チップペーパーと巻取紙の積層通気度すなわちフィルター開孔部の通気性、とを変化させたときの、通気抵抗と巻紙およびフィルターからの空気流入割合 (以下 V_{pf} と略す) との関係を図 11 に示す。

試料たばこシリーズ 1 の、巻紙通気度零、フィルター開孔零のたばこ (巻紙部およびフィルター開孔部をシールして測定。通気抵抗 180 mm H₂O, V_{pf} 0%) を基準に巻紙通気度の増加およびフィルター開孔の増加による V_{pf} の増加が通気抵抗におよぼす影響をみると、巻紙通気度の増加は V_{pf} の増加には大きな効果があるが通気抵抗低下への効果は小さく、一方フィルター開孔の増加は V_{pf} 増加への効果は小さいが通気抵抗の低下には大きな効果があることが分かった。

巻紙通気度 i 、フィルター開孔 j のたばこについての V_{pij} は、巻紙通気度零の $V_{pi=0j}$ とフィルター開孔零の $V_{pij=0}$ との和より小さく、 i, j が大きいほどその差が大きかった (例として、 $i=100$ ml/min, $j=215$ ml/min の場合 $V_{p100f215}=51\% < V_{p0f215} + V_{p100f0}=21+41=62\%$ 、また $i=304$ ml/min, $j=484$ ml/min の場合 $V_{p304f484}=78\% < V_{p0f484} + V_{p304f0}=39+68=107\%$)。従って、巻紙の開孔効果とフィルターの開孔効果はそれぞれの通気度の高いものほど大きく相殺されるといえる。

巻紙通気度の変化についての通気抵抗と V_{pf} との関係は曲線関係を示し、フィルター開孔の各水準ごとの巻紙通気度増による曲線は V_{pf} 100% のとき、フィルターチップ部の通気抵抗値 (チップペーパーで包まれた、刻みの一部とフィルタープラグの通気抵抗値) に合致すると考えられる。図中の P_{d1} はその各実測値を示し、実線で表わした通気抵抗と V_{pf} との関

Fig. 11 Relation between cigarette pressure drop and ventilation rate through cigarette paper and filter of all test cigarettes studied.

Permeability of cig. paper (ml/min)

- : 0 (encapsulated) ● : 13
- ◇ : 37 △ : 100 ▲ : 197
- : 304 ■ : 370

* Pressure drop of the filter and the tobacco shreds wrapped in tipping paper.

** Pressure drop of the filter portion from the mouth end to the hole position.

係を示す曲線の延長線と V_{pf} 100% との交点はおおむね実測値と一致した。

一方、試料たばこシリーズ 1, 2 のフィルター開孔部の通気性の変化についての通気抵抗と V_{pf} との関係はほぼ直線的であり、巻紙通気度の各水準ごとのフィルター開孔増による直線は V_{pf} 100% のとき、フィルタープラグの吸口端からチップペーパーの開孔位置までの通気抵抗値に合致すると考えられる。図中の P_{d2} はその各実測値を示し、破線で表わした通気抵抗と V_{pf} との関係を示す直線の延長線と V_{pf} 100% との交点にはほぼ一致した。

なお 3.2.1 で述べたように、チップペーパーの開

孔列の位置の影響が V_f に、従って V_{pf} および通気抵抗の測定値に関与していると考えられるので、チップペーパーの開孔増が1列開孔の多数個開孔によるならば、これらの通気抵抗と V_{pf} との関係は更に明確になると思われる。

4. 要 約

たばこ材料用紙の高通気度化による低タール・低ガスたばこの開発の基礎資料を得るため、通気度の異なる5水準の電気開孔巻紙と6水準の機械開孔チップペーパーの組み合わせ、および3水準の多孔性フィルタープラグ巻取紙と5水準の機械開孔チップペーパーの組み合わせの、2シリーズの開孔たばこを作製し、これら各材料用紙の通気度とこれらを適用した開孔たばこの空気流入割合および通気抵抗との関係を検討した。

結果は次のとおりである。

1) フィルター開孔部の通気性を表わすチップペーパーと巻取紙との積層通気度は、チップペーパーの通気度が高くなるに従って増加し、その増加割合は組み合わせられた巻取紙の通気度が高いほど大きかった。

2) フィルターからの空気流入割合 V_f は、巻取紙やチップペーパーの通気度が高くなるに従って増加した。しかし、併用された巻紙の通気度が高くなると、 V_f 、およびチップペーパー通気度の増加による V_f への効果は小さくなった。

3) 巻紙からの空気流入割合 V_p は、巻紙通気度が高くなるに従って増加した。しかし、併用されたチップペーパーや巻取紙の通気度が高いほど V_p は小さくなった。

4) 各材料用紙の通気度が高いほど V_f や V_p が増加するため、たばこの通気抵抗は減少した。

5) 巻紙とフィルターからの空気流入割合 V_{pf} と

通気抵抗との関係を検討した。 V_{pf} の増加にはフィルター開孔部の通気性すなわち巻取紙とチップペーパーの積層通気度より巻紙通気度の増加が効果的であり、通気抵抗の減少には巻紙より積層通気度の増加が効果的であった。

引 用 文 献

- 1) 寺原篤夫ら：日本専売公社中央研究所研究報告，**115**, 63 (1973)
- 2) ISO 2965-1979, Material used as cigarette papers—Determination of air permeability (1979).
- 3) ISO 3308-1977, Tobacco and tobacco products—Routine analytical cigarette-smoking machine—Definitions, standard conditions and auxiliary equipment (1977).
- 4) ISO Document 126/1 N 98, Cigarette—Determination of rate of ventilation (1977).
- 5) V. Norman: Beiträge zur Tabakforschung International, **7**, 282 (1974).
- 6) H. Reif: Fachliche Mitteilungen der Austria Tabakwerke, **16**, 318 (1975).
- 7) G. P. Morie: Tobacco Science, **20**, 174 (1976).
- 8) J. E. Kiefer and C. H. Weatherly: Paper presented at 31st Tobacco Chemist's Research Conference, Greensboro, N. C., Oct. 6 (1977).
- 9) C. H. Keith: Beiträge zur Tabakforschung International, **10**, 7 (1979).
- 10) 実公, 昭 51-11422.
- 11) W. A. Selke: Tobacco Reporter, **105** (9), 40 (1978).