2種類のだばこの配合とその膨こう性との関係*

斎藤孝平** 福澄哲夫*** 安 陪 勲***

Filling Capacity of Shreds Consisting of Two Kinds of Tobacco Leaves

by

Kōhei SAITŌ, Tetsuo FUKUZUMI and Isao ABE

(Central Research Institute, Japan Tobacco & Salt Public Co., Yokohama)

A method of estimating the filling capacity of tobacco shreds obtained by blending two kinds of tobacco leaves, which have different filling capacity, was investigated. Tobacco leaves used in this experiment were sampled from five stalk positions of a Flue-cured variety (BY4) and from a domestic Air-cured one (Matsukawa). After shredding, each sample from the Flue-cured variety was blended in various proportions with each sample from the Air-cured one, and the filling capacity of the blended shreds was measured.

The essential results obtained were as follows:

(1) The experimental value $((FC)_{bE})$ of filling capacity of blended shreds was represented by the following formula,

$$(FC)_{bE} = k_1 + k_2M + k_3M^2,$$

where M indicates the weight per cent of the Flue-cured in blended shreds. The variation of $(FC)_{bE}$ with M was found to be shown as a convex curve.

(2) Being based on our previous finding that there was a high correlation between filling capacity of shreds and tensile elastic modulus of leaf, the variation of composite compressive elastic modulus (E_b) of blended shreds was calculated with the change of M , on the assumptions that tobacco shreds have perfect elasticity and that they are arranged in parallel with compressive force. It was found that the change of E_b with M was very similar to that of $(FC)_{bE}$.

(3) For practical use, the next linear formula $((FC)_{bA})$ could be applied to an estimation of filling capacity of blended shreds,

$$(FC)_{bA} = \{(FC)_1 \times (M/100)\} + \{(FC)_2 \times (100-M)/100\},$$

where $(FC)_1$ and $((FC)_2)$ indicate the filling capacity of the Flue-cured and that of the Air-cured, respectively. The maximum difference between $(FC)_{bE}$ and $(FC)_{bA}$ was less than 8% of the $(FC)_{bA}$.

(Received Mar. 19, 1980)

キー・ワード：たばこ，配合，膨こう性，弾性率

1 結 言

紙巻たばこを製造する際には、品種別、葉分け・等級別に分類された原料葉たばこ（これを単葉と呼ぶ）を数十種類配合する。膨こう性は紙巻たばこにてん充する刻みの必要量を表す特性値で、経済的に重要な指標であり、膨こう性の異なる葉たばこを2種類以上配合した場合に、それぞれの単葉の膨こう性が配合品の膨こう性にどのように影響を及ぼすかを知ることは製品

を企画するうえにおいて極めて重要な課題である。単葉の膨こう性については多くの報告が見られるが、単葉の配合と膨こう性との関係については全く明らかにされていない。そこで本報においては、まず、2種類の単葉の配合の課題を取上げ、実験材料として非常に膨こう性の異なる黄色種と在来種とを選び、それらの単葉の配合割合と配合品の膨こう性との相互関係を明確にし、あわせてこの相互関係を弾性学の立場から検討した。

2 実験方法

2・1 実験材料と実験条件

配合すべきたばこの品種として、黄色種（ブライト・エラー、岡山県玉島産）と在来種（松川葉、福島県

* 本報を「たばこの圧縮特性に関する研究（第4報）」(Study on the Compression Characteristics of Tobacco, IV) とする

原稿受理 昭和55年3月19日

** 正 会 員 日本専売公社中央研究所 横浜市緑区梅が丘

*** 日本専売公社中央研究所 横浜市緑区梅が丘

三春産) とを選んだ. 両品種ともその膨こう性の値は着葉位置によって異なるので, 5水準の葉分け・等級をデータの層別因子として取上げた (Table I). その際葉分け・等級は着葉位置番号で表した. 黄色種と在来種との配合品中の黄色種の配合率を 0~100% (重量) の範囲で 6水準 (Table I) とした. 本実験では, 黄色種(5)×在来種(5)×配合率(6)=150 組のすべての組合せについて膨こう性の測定を行った.

Table I. Materials and conditions of experiment.

Factors of experiment	Levels of experiment
Variety of tobacco	Flue-cured (V_1) and Domestic (V_2)
Stalk position and grade (no. of leaf position on a stalk, " p " and " q ")*	Tip 4th (1), Smoking leaf 2nd (3), Cutter superior (5), Cutter 2nd (7) and Cutter 4th (9)
Blending rate of V_1 in blended shreds (weight %, M)	0, 20, 40, 60, 80 and 100

* " p " symbolizes the no. of leaf position on a stalk of V_1 and " q " symbolizes that of V_2 .

2・2 実験操作と測定値の表示

たばこの品種別, 葉分け・等級別に, 中骨を取り除いた葉を刻幅 0.65 mm に才刻し, この刻みを 20℃, 60% RH で調和した後, 目開き 4 mm と 2 mm の JIS 標準ふるいでふるい分けて, 粒度 4~2 mm の刻みを実験に供した. つぎに配合品中の黄色種の配合率を所定の値 (Table I) とし, かつ配合品の重量が 4.0 g となるように, 黄色種と在来種の刻みを秤取した. これを容量 500 cc のガラス製 V 型混合機 (筒井理化学器械 K.K. 製, 機械部 II 型, 混合器 V-E 型) に入れ, 64 rpm で 3 min 間混合した. 混合後の刻みを 20℃, 60% RH に調整された電気恒温恒湿槽内で調和して, 刻みの水分を平衡させた後, この槽内に設置してある膨こう性測定装置 (試料容器の断面積 9 cm², 圧縮速度 3.75 cm/min) で圧縮し, 装置の下部荷重検出器による圧縮応力が 250 gw/cm² になったときにお

Table II. Statistically analyzed table of three experimental factors for filling capacity of blended shreds.

Factor		Contribution rate (%)
Blending rate	M	77.77
Stalk position of Flue-cured variety	p	11.80
Stalk position of Domestic variety	q	2.87
Interaction	$M \times p$	4.89
	$M \times q$	1.51
	$p \times q$	0.03
Error of experiment		1.13
Total		100.00

Table III. Coefficient of each term of empirical formula (1).

p	q	k_1	k_2	k_3
1	1	5.21	-2.18×10^{-2}	-1.27×10^{-5}
	3	5.77	-2.80×10^{-2}	-0.35×10^{-5}
	5	5.85	-2.15×10^{-2}	-7.91×10^{-5}
	7	6.26	-3.19×10^{-2}	-1.79×10^{-5}
	9	5.75	-2.46×10^{-2}	-4.08×10^{-5}
3	1	5.21	-2.63×10^{-2}	0.82×10^{-5}
	3	5.77	-3.25×10^{-2}	1.74×10^{-5}
	5	5.85	-2.60×10^{-2}	-5.82×10^{-5}
	7	6.26	-3.64×10^{-2}	0.30×10^{-5}
	9	5.75	-2.91×10^{-2}	-1.99×10^{-5}
5	1	5.25	-1.78×10^{-2}	-6.86×10^{-5}
	3	5.81	-2.40×10^{-2}	-5.94×10^{-5}
	5	5.88	-1.75×10^{-2}	-13.50×10^{-5}
	7	6.30	-2.79×10^{-2}	-7.38×10^{-5}
	9	5.79	-2.06×10^{-2}	-9.67×10^{-5}
7	1	5.22	-1.93×10^{-2}	-2.68×10^{-5}
	3	5.78	-2.55×10^{-2}	-1.76×10^{-5}
	5	5.86	-1.90×10^{-2}	-9.32×10^{-5}
	7	6.27	-2.94×10^{-2}	-3.20×10^{-5}
	9	5.77	-2.21×10^{-2}	-5.49×10^{-5}
9	1	5.24	-0.31×10^{-2}	-4.55×10^{-5}
	3	5.80	-0.93×10^{-2}	-3.63×10^{-5}
	5	5.87	-0.28×10^{-2}	-11.19×10^{-5}
	7	6.28	-1.32×10^{-2}	-5.07×10^{-5}
	9	5.78	-0.59×10^{-2}	-7.36×10^{-5}

p, q : cf. Table I.

Precision of estimation of the formula (1): 0.13 cc/g by standard deviation (σ) or 2.81% by coefficient of variation

Fig. 1. Relation between filling capacity and blending of two varieties of tobacco shreds (1). V_1, V_2, p, q, M : cf. Table I. σ : cf. Table III.

る刻みの比容積 (cc/g) をもって膨こう性の値とした.¹⁾

3 実験結果および考察

3・1 膨こう性に及ぼす配合率, 着葉位置の影響

黄色種と在来種とを配合した配合品における黄色種の配合率 (M), 黄色種の着葉位置 (p), 在来種の着

Fig. 2. Relation between filling capacity and blending of two varieties of tobacco shreds (2). V_1 , V_2 , p , q , M : cf. Table I. σ : cf. Table III.

Fig. 3. Difference (D) between values obtained by empirical formula $[(FC)_{BE}]$ and approximate formula $[(FC)_{BA}]$. V_1 , V_2 , p , q , M : cf. Table I.

葉位置 (q) の 3 因子が、配合品の膨らみ性 $[(FC)_{BE}]$ に及ぼす影響を互いに比較するために、得られたデータを分散分析法によって解析して^{3,4)}、3 因子に基づく膨らみ性の分散分析表 (Table II) を求めた。つぎに、 $M\%$ から $(FC)_{BE}$ cc/g を推定する実験式(1)の各項の係数、推定精度を、 p と q との組合せ条件別に得るために、上記と同じデータを回帰分析法によって解析して^{3,4)} Table III の結果を得た。

$$(FC)_{BE} = k_1 + k_2M + k_3M^2 \quad (\text{cc/g}) \quad (1)$$

Table II によって実験 3 因子の $(FC)_{BE}$ への効果を寄与率で比較すると、黄色種の配合率 (M) あるいは在来種の配合率 ($100 - M$) の影響 (77.8%) が最

Fig. 4. Relation between difference (D) and blending of two varieties of tobacco shreds. D : cf. Fig. 3. V_1 , V_2 , p , q , M : cf. Table I.

も大きく、これに次いで黄色種の着葉位置 (p , 11.8%)、在来種の着葉位置 (q , 2.9%) の順序となった。

更にこれらの効果を、(1)式を図示した代表例 (Fig. 1, 2) によって具体的に調べる。 M と $(FC)_{BE}$ との関係をみると、 p と q との組合せの各条件において、 M が増加するに従って $(FC)_{BE}$ が減少する。これは黄色種 ($M=100\%$) の膨らみ性が、元来、在来種 ($M=0\%$) のそれよりも低い²⁾ためであり、また、この両者の差が非常に大きいので、上記の配合率の影響 (寄与率, 77.8%) が大きく示されたものと解される。 $(FC)_{BE}$ は M に関する 2 次関数(1)式で示した場合、その曲線は上方へ凸となった。黄色種 (Fig. 2, $M=100\%$) における p の変化 ($p=1$ より 9 まで) による $(FC)_{BE}$ の変化は、在来種 (Fig. 1, $M=0\%$) における q の変化 ($q=1$ より 9 まで) による $(FC)_{BE}$ の変化よりも大きい。このことは、Table II の寄与率に見られる p (11.8%) と q (2.9%) の差に対応しているが、これらは両品種の着葉位置の違いによる葉たばこの本質的な膨らみ性の差異に由来している。²⁾

単葉の膨らみ性とその配合品の膨らみ性との間の関係を表す計算式は、できるだけ簡単であってしかも高い推定精度をもつことが望まれる。そこで、膨らみ性の異なる 2 種類の単葉を配合した場合に、配合品の膨らみ性 $[(FC)_{BA}]$ には配合率による加成性が成立すると仮定した近似式(2)を立て、次いでこの近似値と実験式(1)から求めた値 $[(FC)_{BE}]$ との差(3)式を採り、(2)式の推定精度を検討した (Fig. 3)。

$$(FC)_{BA} = \{(FC)_1 \times (M/100)\} + \{(FC)_2 \times (100 - M)/100\} \quad (\text{cc/g}) \quad (2)$$

$$D = (FC)_{bE} - (FC)_{bA} \quad (\text{cc/g}) \quad (3)$$

(2)式において, $(FC)_1$, $(FC)_2$ はそれぞれ黄色種および在来種の単葉としての膨らみ性を示し, M は黄色種の配合率を示す.

検討の結果, Fig. 4 の例に見られるように, M が50%付近で示す D の最大値は, 着葉位置 p , q の組合せ条件のすべてを通じて 0.03~0.34 cc/g であって, この値は $(FC)_{bA}$ の値の 0.76~7.78% (平均4.07%) であった. 実験式(1)の推定精度 (標準偏差で 0.13 cc/g, 変動係数で 2.81%, Table III) および同一ロットから採った試料の繰返し測定の変動係数 (4~8%) を考慮に入れると, $(FC)_{bA}$ と $(FC)_{bE}$ との間には有意差を認め難く, これより, 単葉としての黄色種の膨らみ性, 同じく在来種のそれおよび両者の配合品の膨らみ性との間には近似的に(2)式が成立するとして差し支えないと思われる. ちなみに, 膨らみ性 $(FC)_1=2.68$ cc/g を示した黄色種の中葉優等 ($p=5$, Table I) と, 膨らみ性 $(FC)_2=5.74$ cc/g を示した在来種の中葉4等 ($q=9$) とを 60:40 ($M=60\%$) の割合で配合した場合によって, (1)式および(2)式から得る配合品の膨らみ性の計算値とその精度を以下に例示する. まず, 上記の p , q の条件における(1)式の係数 (Table III), $k_1=5.79$, $k_2=-2.06 \times 10^{-2}$, $k_3=-9.76 \times 10^{-5}$ と $M=60\%$ とを(1)式に代入して, 配合品の膨らみ性 $(FC)_{bE}=4.21$ cc/g を得る. この配合品の実測値は4.13 cc/g であって, 両者間の差 0.08 cc/g は(1)式の推定精度 0.13 cc/g (Table III) の内側に入っている. つぎに, 上記の $(FC)_1$, $(FC)_2$, M の値を(2)式に代入して配合品の膨らみ性を求めると, $(FC)_{bA}=3.91$ cc/g となり, これと実測値との差は 0.20 cc/g で, (1)式により求めた値の差よりもやや大きい³⁾, $(FC)_{bA}$ に対しては5.12%である.

3・2 配合品の膨らみ性の弾性率による考察

3・1 項において, 黄色種と在来種とを配合した配合品の膨らみ性の値を黄色種の配合率に関する2次関

Table IV. Specific volume and elastic modulus of tobacco leaf.

Variety of tobacco	No. of leaf position	Specific volume S (cc/g)	Elastic modulus E_t (10^8 dyne/cm ²)
Flue-cured	$p=1$	1.41	1.65
	3	1.42	1.87
	5	1.54	1.90
	7	1.54	2.54
	9	2.20	4.85
Domestic	$q=1$	2.28	11.71
	3	2.44	12.67
	5	2.51	8.04
	7	3.03	6.00
	9	3.29	9.58

p, q : cf. Table I.

Fig. 5. Illustration of series type (L) in blending model.

Fig. 6. Illustration of parallel type (P) in blending model.

Fig. 7. Relation between elastic modulus and type of blending model.

L : cf. Fig. 5 P : cf. Fig. 6.

V_1, V_2, p, q, M : cf. Table I.

数で表した場合, その曲線は上方へ凸となる相互関係にあることを述べた. この相互関係を弾性率によって以下に考察する.

それに先立って, 単葉の葉たばこにおける膨らみ性と弾性率との関係についての既報の研究結果の概要を

振り返ってみる。元来、膨こう性は「一定の速度で圧縮されている一定重量の刻みの集合体が容積変形を受け、ある一定の反力を発生したときに占める容積」と定義されるが、この集合体における変形量対反力の関係は、集合体を構成する個々の刻みにおける変形量対反力の関係に対応するもの⁶⁾と考える。膨こう性測定の際の圧縮過程にある個々の刻みは、刻みから見て各種の方向より圧縮、曲げ、引張りなどの各種の変形を受け、それらの変形に相当する各種の反力を発生しているものと思われる。この変形量対発生反力の関係、すなわち、弾性率の種類としては、変形の種類に応じて圧縮弾性率、曲げ弾性率、引張弾性率が想定されるが、このうち曲げは「はり」の中立軸に関して一方の側では圧縮の、他方の側では引張りの状態にあるので、結局、圧縮、引張りの2種類の弾性率が考えられる。既報において、刻み集合体を構成する単葉の葉たばこの弾性率とその刻み集合体の膨こう性との関係を、たばこの種類、葉たばこの幹における着葉位置、たばこの水分の諸条件を種々に変えて、実験的に研究したが⁶⁾、その際、弾性率は測定の容易な引張り法によって求め、その結果、葉たばこの引張弾性率とその刻み集合体の膨こう性とは非常に密接な相関関係にあって、引張弾性率が高い場合には高い膨こう性を与えることを認めた。更に各種着葉位置の黄色種および在来種の葉たばこについて実験し、その温度、水分が下降するほど引張弾性率が高くなり、それに対応して刻み集合体の膨こう性が高くなることを認めた。これらの結果から実験的な結論として、単葉の葉たばこにおける引張弾性率と、その刻み集合体における膨こう性とは非常に密接な正の相関関係にあることが明らかになった。一方前述の刻み集合体の膨こう性についての定義からみてこれは主として個々の刻み（葉たばこ）の圧縮弾性率と密接な相関関係にあるものと思われるが、このことと上記の実験的な結論とを併せ考えると、たばこの種類、葉たばこの幹における着葉位置、温度、水分等の諸条件を変えて、葉たばこの引張弾性率を高めると、それに応じた葉たばこの圧縮弾性率が高まり、またそれに対応して、この葉たばこの刻みで構成された集合体の膨こう性が増加するものと考察される。

上記の単葉の葉たばこに関する研究結果に基づいて、本 3・1 項の主題についての考察を進める。その際次の四つの前提を置く。第1に、たばこ刻みの集合体を考えると、その中には個々の刻みの実質部分と個々の刻み同志間の空間部分とを含んでいるが、力学的な作用を及ぼすものは実質部分であるので、実質部分に注目することとする。第2に、黄色種 (V_1) と在来種 (V_2) との配合の模型を、直列型と並列型とに分ける。前者 (Fig. 5) においては V_1 と V_2 とが、膨こう性

測定時における圧縮荷重 W に対し、直列に置かれた場合であり、後者 (Fig. 6) においては V_1 と V_2 とが W に対して並列になった場合である。第3に V_1 と V_2 とはともに弾性体であると仮定する。第4に、前段の既報の研究結果から、たばこの種類、着葉位置による葉たばこの引張弾性率の変化はそれによる葉たばこの圧縮弾性率の変化およびそれによる刻み集合体の膨こう性にそれぞれよく対応するものと見なす。

第1、第2の前提の下に、直列型の配合模型 (Fig. 5) について考え、 V_1 の容積配合比を N 、 V_1 の葉たばこの圧縮弾性率を E_1 、 V_2 のそれを E_2 、配合品の合成圧縮弾性率を E_{bL} とし、 V_1 、 V_2 、配合品のそれぞれに対し第3の前提による Hooke の法則を適用し、更に V_1 の縮み λ_1 と V_2 のそれ λ_2 との和が配合品のそれ λ_b に等しいという条件から(4)式に導いた。

$$E_{bL} = 1 / [\{ N / E_1 \} + \{ (1 - N) / E_2 \}] \quad (\text{dyne/cm}^2) \quad (4)$$

つぎに上記と同様の方法で、並列型の配合模型 (Fig. 6) について考え、 V_1 に対する圧縮荷重 W_1 と V_2 に対するそれ W_2 との和が配合品に対するそれ W_b に等しいという条件から、配合品の合成圧縮弾性率 E_{bP} (5)式を導いた。

$$E_{bP} = NE_1 + (1 - N)E_2 \quad (\text{dyne/cm}^2) \quad (5)$$

なお、(4)、(5)式における V_1 の容積配合比 N と 3・1 項における V_1 の配合率 M (重量%) との関係は(6)式のとおりである。

$$N = \{ S_1 M \} / \{ S_1 M + S_2 (100 - M) \} \quad (\text{無次元}) \quad (6)$$

ただし、 S_1 は黄色種におけるたばこの厚さをその単位面積重量で除して得られたたばこの比容積 (cc/g) であり、 S_2 は在来種におけるそれである。

膨こう性測定に用いた試料と同じロットから採取した試料について、 S_1 、 S_2 および V_1 の葉たばこの引張弾性率 E_{a1} 、 V_2 のそれ E_{a2} を既報の方法で測定して Table IV のデータを得た。第4の前提によって E_{a1} 、 E_{a2} を、葉たばこの圧縮弾性率 E_1 、 E_2 と読み替え、それらと S_1 、 S_2 (Table IV) とを(4)、(6)式に与えて直列型の配合模型における M と E_{bL} との関係を求め、また(5)、(6)式に与えて並列型の配合模型における M と E_{bP} との関係を求めた。それらの結果の中の代表例を Fig. 7 に図示した。図における配合品の合成圧縮弾性率 E_b を、第4の前提によって、配合品の膨こう性 $(FC)_{bE}$ と読み替えれば、直列型配合 (L) および並列型配合 (P) のいずれにおいても、 M の増加に伴って E_b 、すなわち $(FC)_{bE}$ は減少するが、直列型においては上方へ凹の曲線を、並列型においては上方へ凸の曲線を描いている。この並列型の曲線は、3・1 項の Fig. 1, 2 における M の変化に対する $(FC)_{bE}$ の曲線に相似している。このことから、黄色種と在来種との配合割合を種々に変えた場合の、配合率に対する配

合品の膨らみ性の変化は、両品種の葉たばこが弾性体であり、かつ圧縮荷重に対して並列に配置されていると仮定したときに示す、配合率に対する配合品の合成圧縮弾性率の変化とよく似た状態にあるといえる。

4 結 言

黄色種葉たばこの膨らみ性 $[(FC)_1]$ と在来種葉たばこのそれ $[(FC)_2]$ によって、両者の配合品の膨らみ性を推定する方法を見いだすために、黄色種の配合率 (M 重量%) とたばこの幹における着葉位置とを種々変えて、膨らみ性を測定した。それらから得られた主要な結果は次のとおりである。

(1) 配合品の膨らみ性の実験値 $[(FC)_{bE}]$ を次式の形で整理した。

$$(FC)_{bE} = k_1 + k_2 M + k_3 M^2$$

(2) 配合品の膨らみ性の近似値 $[(FC)_{bA}]$ は次式で表すことができた。

$$(FC)_{bA} = \{(FC)_1 \times (M/100)\} + \{(FC)_2 \times (100 - M)/100\}$$

近似値に対する実験的な修正値 $[D = (FC)_{bE} - (FC)_{bA}]$ の最大値は、 $(FC)_{bA}$ の 0.76~7.78% であった。

(3) (1) の M と $(FC)_{bE}$ との関係は、両品種の葉たばこが弾性体であり、かつ圧縮荷重に対して並列に配置されていると仮定した場合の配合率と配合品の合成圧縮弾性率との関係に類似している。

参 考 文 献

- 1) 斎藤孝平, 安陪 勲, 材料, **26**, 584 (1977).
- 2) 例えば, 斎藤孝平, 安陪 勲, 材料, **27**, 1191 (1978).
- 3) 畑村又好, 奥野忠一, 津村善郎, “スネデカー, 統計的方法”, p. 237; 406 (1966) 岩波書店
- 4) 田口玄一, “実験計画法”, p. 309; 595 (1965) 丸善
- 5) 増尾 裕, 片山良徳, 篠崎松江, 日本専売公社中央研究所研究報告, **109**, 59 (1967).
- 6) 斎藤孝平, 材料, **23**, 457 (1974).
- 7) 斎藤孝平, 材料, **23**, 1063 (1974).
- 8) 斎藤孝平, 安陪 勲, 材料, **27**, 1191 (1978).