

熱溶融性生地の炎滴着火性試験方法の比較

A Comparison of Two Test Methods for the Flame-dripping Characteristics of Melting Fabrics

石 橋 博

Hiroshi ISHIBASHI

(Received September 14, 1984)

The flame-dripping behavior of polyester fabrics was measured by Mushroom Apparel Flammability Tester method and DOC FF 3-71 method, and these two test methods were compared. To investigate if flaming drops of melting fabrics are capable of igniting combustible materials, cotton gauze was located below the test specimen.

Mushroom Apparel Flammability Tester method which employs an unrestrained cylindrical sample, was better able to evaluate the flame-dripping characteristics than DOC FF 3-71 method, which uses a restrained rectangular sample.

1. 緒 言

ポリエステルやナイロンなどの熱溶融性生地は着火すると、多数の溶融物を滴下しながら燃焼する。特に、火炎を伴って落下する炎滴 (flaming drops) は、かなり高温で (500℃以上)、肌にくっくと重い熱傷を負う恐れがあり、非常に危険である。また、炎滴は各所に融着して飛び火し、燃焼を拡大させる危険性もある。したがって、熱溶融性生地の燃焼危険性を評価するには、一般の燃焼性たとえば着火性や火炎伝播性、熱伝達速度などに、さらに燃焼滴下性に係る項目を加えることが是非必要である。

燃焼滴下性は、炎滴を直接観察することによっても試験できるが、ガーゼのような可燃物への炎滴の着火性を調べた方がより明確に判定できるし、またその延焼の可能性も直接確認できる。

既報²⁾において、マッシュルーム形衣服燃焼性試験機を利用して、試験片の直下にガーゼを置き、そのガーゼに炎滴が着火するか否かより炎滴着火性を試験した。

本報は、炎滴着火性試験方法を検討するため、マッシュルーム形衣服燃焼性試験機による方法と子供寝衣用燃焼性試験機による方法とで、21種類のポリエステル生地と5種類の難燃性ポ

リエステル生地 of 炎滴着火性を試験し、二つの方法を比較検討した。なお、これらの試験方法は、試料形態（円筒形と長方形）、試験片の固定の有無、接炎位置（表面とエッジ）などにおいて対照的である。

2. 実験方法

2.1 試験試料

試験試料は第1表に示したとおりである。これらのほとんどは服地用として市販されていた

第1表 試験試料

試料番号	組成繊維	%	組 織 (生地名)	単位面積当たりの 質量 (g/m ²)	厚さ (mm)
E-1	ポリエステル	100	平織(シャー)	27	0.08
E-2	〃		平織(デシン)	61	0.12
E-3	〃		平織(タフタ)	68	0.09
E-4	〃		平織(タフタ)	70	0.09
E-5	〃		たて編	82	0.33
E-6	〃		平織(ポイル)	84	0.21
E-7	〃		平織	101	0.29
E-8	〃		たて編	101	0.32
E-9	〃		朱子織(サテン)	103	0.24
E-10	〃		梨地織(ジョーゼット)	107	0.30
E-11	〃		平織(ジョーゼット)	112	0.37
E-12	〃		平織(ジョーゼット)	112	0.39
E-13	〃		平織(パレスクレープ)	120	0.24
E-14	〃		梨地織(アムンゼン)	127	0.29
E-15	〃		平織	131	0.41
E-16	〃		梨地織(アムンゼン)	148	0.44
E-17	〃		たて編(ジャカードニット)	154	0.70
E-18	〃		変化斜文織	162	0.45
E-19	〃		斜文織(ギャバジン)	203	0.48
E-20	〃		変化平織	228	0.53
E-21	〃		たて編(ジャージー)	232	0.80
FRE-1	難燃性ポリエステル	100	平織	97	0.16
FRE-2	〃		平織	203	0.32
FRE-3	〃		レース	54	0.28
FRE-4	〃		レース	63	0.30
FRE-5	〃		レース	120	—

石橋：熱溶融性生地の炎滴着火性試験方法の比較

もので、軽目のものは主としてブラウス、ワンピースなど、やや重目のものはジャケットやスカート、スラックスなどに用いられる生地である。なお、難燃性ポリエステル生地は、F R E—1～3がふとん側地用、F R E—4、5がカーテン用である。

試験に先立ち、これらの試料生地は0.1%非イオン系界面活性剤水溶液に入れ、40℃で10分間洗浄し、十分に水洗乾燥した。

2.2 炎滴着火性試験

2.2.1 マッシュルーム形衣服燃焼性試験機による方法（以下M A F T法と略す）

(1) 試験装置

米国、一般衣服燃焼性基準（案）³¹に基づく、スガ試験機株式会社製のマッシュルーム形衣服燃焼性試験機を用いた。なお、特に炎滴着火性を試験するため、取り付けした試験片の下方にガーゼ（日本薬局方）を置く。

(2) 試験片の大きさおよび前処理

試験片の大きさは30cm×60cm。

試験片は20±2℃、相対湿度65±2%の恒温恒湿器内に18時間以上置き、これより取り出してただちに試験をする。

(3) 試験操作および判定

基本的には通常のM A F T法^{21,31}と同じである。試験片のトップを環状の試験片ホルダーに巻きつけ、所定の場所にセットする。試験片は、トップの部分がホルダーに固定されるが、全体的には円筒形に自由に垂れ下がった状態にある。セットされた試験片の下方の装置底面に、試験片と同様に前処理したガーゼを試験の都度置く。

試験片の下端から10cmの位置に、No.18ニードルバーナーの火炎（ガス 純メタン、流量 110±10cm³/min）を3.0秒間接炎する。燃焼する試験片からの溶融滴下物が下方に置かれたガーゼに着火するか否かを観察する。試験回数は原則として5回とし、その内1回でも炎滴着火現象が認められれば、炎滴着火性があると判定する。

なお、既報²¹と同様にして、着火性試験、火炎伝播性試験および熱伝達速度試験を別に行った。

2.2.2 子供寝衣用燃焼性試験機による方法（以下D O C F F 3—71法と略す）

(1) 試験装置

米国、子供寝衣燃焼性基準（D O C F F 3—71）⁴¹に基づく、スガ試験機株式会社製の子供寝衣用燃焼性試験機C S—1 Sを用いた。なお、特に炎滴着火性を試験するため、試験片ホルダーの直下に円筒容器（直径10cm、高さ3cm）を置き、その上に10cm×10cmのガーゼ（日本薬局方）をセットする。

(2) 試験片の大きさおよび前処理

試験片の大きさは8.9cm×25.4cm。

試験片は50℃の恒温乾燥器内に24時間置き、デシケーター中で30分間以上放冷後試験をする。

(3) 試験操作および判定

基本的には通常のDOC FF 3-71法⁴⁾と同じである。試験片をU字形の試験片ホルダーにはさみ、試験片の左右両側を完全に固定し、所定の場所に垂直にセットする。その下方に試験片と同様に前処理したガーゼを試験の都度置く。

試験片の下端に、バーナー（内径 1.1cm）の火炎（ガス 純メタン、炎高 3.8cm）を 3.0秒間接炎する。MAFT法と同様に、溶融滴下物がガーゼに着火した場合、炎滴着火性があると判定する。試験回数は5回とする。

なお、炭化長と残炎時間もあわせて測定した。

3. 実験結果および考察

(1) MAFT法

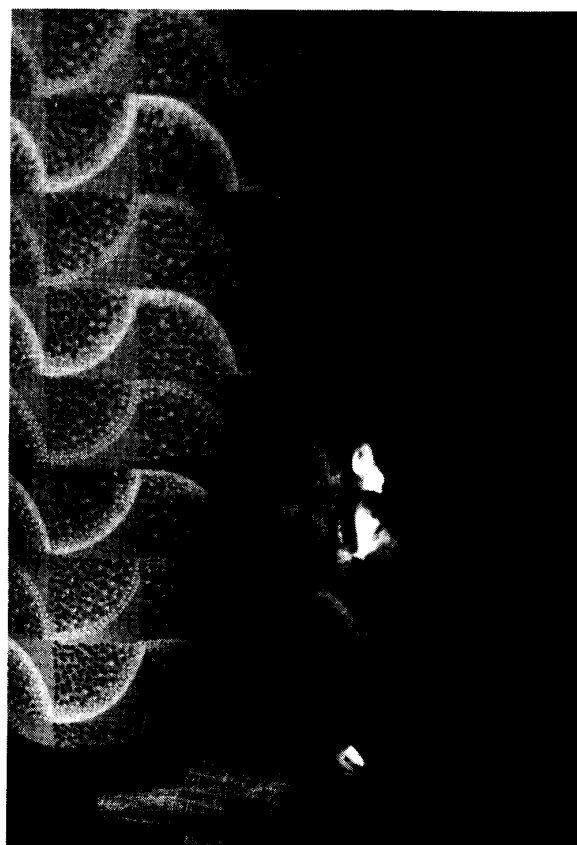
MAFT法による燃焼性試験結果を第2表に、また炎滴着火性試験の状況を写真(1)~(8)に示した。

第2表に見られるように、ポリエステルほとんどの生地で炎滴着火性があると判定された。これらの試験で、炎滴の落下があれば、そのほとんどの場合にガーゼに着火しており、それに

写真(1)~(8) MAFT法による炎滴着火性試験



(1) E-2



(2) E-9

石橋：熱溶解性生地の炎滴着火性試験方法の比較



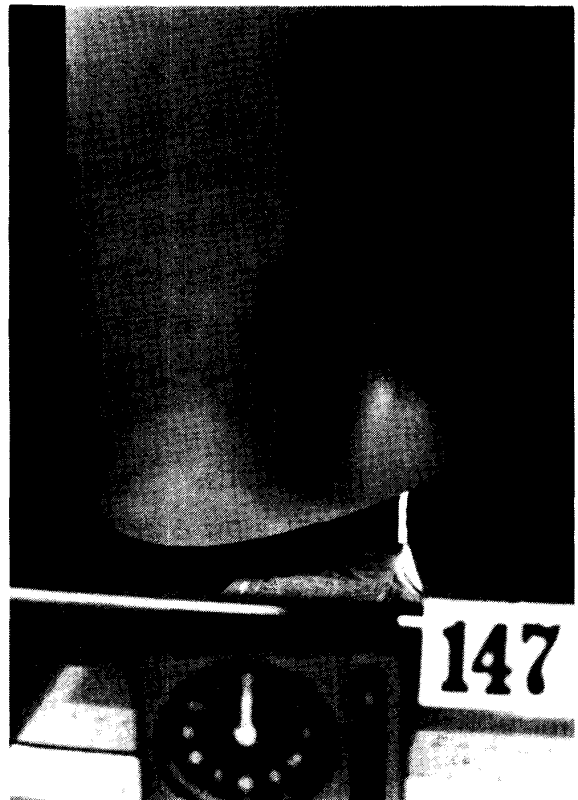
(3) E-11



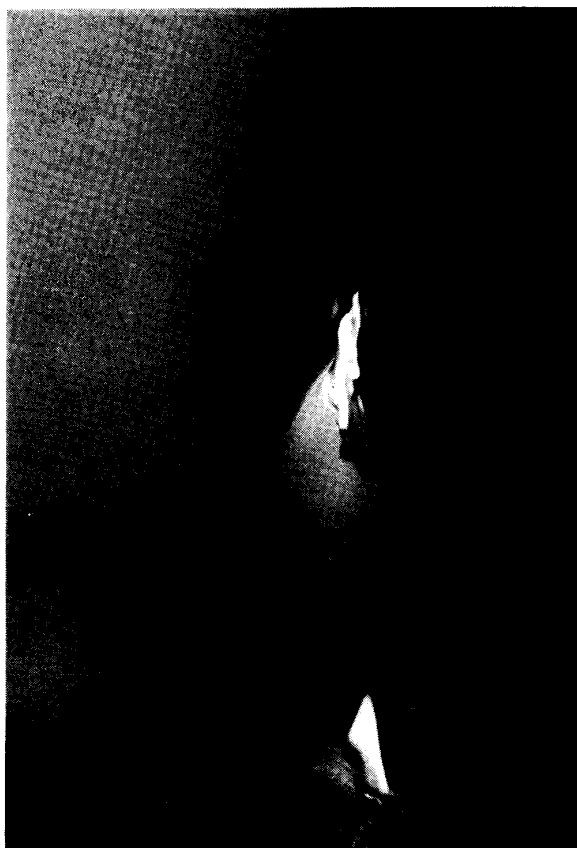
(4) E-14



(5) E-16



(6) E-18



(7) E-19



(8) E-20

着火しないことはまれであった。なお、炎滴着火性を示さなかったポリエステル生地2点 (E-8, E-12) と難燃性ポリエステル生地は、着火しなかったか、または着火してもすぐに消炎し、いずれも溶融滴下現象を示さなかった。

一部の生地について、試験片の垂直方向の長さを20cmとし、エッジ接炎を行い、表面接炎の場合と比較した。E-4の生地は、表面接炎では炎滴着火性を示したが、エッジ接炎では試験片が火炎から収縮して離れ着火せず、溶融滴下しなかった。また、E-14とE-15は3回のテストの内1回だけ炎滴着火が観察された。エッジ接炎は、試験片が火源に触れたとき収縮しやすいし、また下方へ燃烧することができないので、表面接炎に比べて炎滴落下することが少ない傾向がある。

(2) DOC FF 3-71法

DOC FF 3-71法による燃焼性試験結果を第3表に、炎滴着火性試験の状況を写真(9)~(12)に示した。

第3表に見られるように、約半数の生地で炎滴着火性が認められなかった。特に、軽目の生地ではそのほとんどが炎滴着火性がないと判定された。これらのなかには、火炎に触れると同時に収縮して火源から離れ着火しなかったもの (E-1, E-3, E-6, E-8), 着火したがすぐに消炎したものの、試験片ホルダーに付着して燃焼を続けたが溶融滴下しなかったもの (写真(9), (10)), さらに全焼しながら溶融滴下しなかったものなどがある。

第2表 MAF T法による燃焼性試験結果

試料番号	最小着火時間 (s)			火炎伝播時間(s)		熱伝達速度 (J/cm ² ・s)	炎滴着火性	
	表面	ヘムエッジ	カットエッジ	I	II		表面接炎	エッジ接炎
E-1	1	1~4	0.5	I B E	—	0	○	—
E-2	0.5	1.1	1.0	I B E	—	0.0 8	○	—
E-3	2	2.4	D N I	I B E	—	0	○	—
E-4	0.9	1.5	D N I	I B E	—	0.1 0	○	×(0/5)
E-5	1.8	D N I	D N I	I B E	—	0.0 2	○	—
E-6	0.8	1	0.8	I B E	—	0.2 7	○	—
E-7	2.5	—	—	I B E	—	0.1 2	○	—
E-8	D N I	D N I	D N I	—	—	0	×	—
E-9	1.6	1.3	0.8	I B E	—	0.0 3	○	—
E-10	1.0	2.0	1.4	I B E	—	0.0 7	○	—
E-11	0.6	0.8	0.8	I B E	—	0.0 7	○	—
E-12	D N I	5.0	D N I	—	—	0	×	—
E-13	2.4	D N I	1.8	I B E	—	0.0 4	○	—
E-14	2.1	1.2	0.7	I B E	—	0.1 5	○	○(1/3)
E-15	1.7	—	—	I B E	—	0.1 2	○	○(1/3)
E-16	1.3	1.1	0.6	4 1	8 6	0.1 8	○	○(3/3)
E-17	1.1	1.3	1.6	I B E	—	0.2 3	○	○(3/3)
E-18	2.8	—	—	I B E	—	0.1 2	○	○(3/3)
E-19	4.1	1.6	1.2	I B E	—	0.0 7	○	○(3/4)
E-20	3.5	—	—	I B E	—	0.1 8	○	—
E-21	2.5	2.5	1.0	I B E	—	0.1 8	○	—
FRE-1	D N I	D N I	D N I	—	—	—	×	—
FRE-2	D N I	D N I	D N I	—	—	—	×	—
FRE-3	D N I	D N I	D N I	—	—	—	×	—
FRE-4	D N I	D N I	D N I	—	—	—	×	—
FRE-5	D N I	D N I	D N I	—	—	—	×	—

D N I：着火せず

I B E：着火するがマーカー糸に達するまでに消火

○：炎滴着火性があると判定されたもの

×：炎滴着火性がないと判定されたもの

()内：炎滴着火回数 / 試験回数

第3表 DOC FF3-71法による燃焼性試験結果

試料番号	炭化長 (cm)		残炎時間 (s)	炎滴着火性	備 考
	平均値	最大値			
E-1	15.1	18.7	0	×(0/5)	
E-2	BEL	BEL	16.6	×(0/5)	
E-3	10.9	13.0	0	×(0/5)	
E-4	11.3	12.9	0	×(0/5)	
E-5	11.8	15.5	0	×(0/5)	
E-6	11.6	13.0	0	×(0/5)	
E-7	11.6	12.5	2.4	×(0/5)	溶滴あり
E-8	10.3	10.7	0	×(0/5)	
E-9	9.6	11.1	0	×(0/5)	溶滴あり
E-10	13.1	BEL	8.8	○(1/5)	
E-11	10.4	11.6	6.0	×(0/5)	
E-12	10.9	12.0	0	×(0/5)	
E-13	BEL	BEL	19.7	○(2/5)	
E-14	13.6	BEL	12.8	○(4/5)	
E-15	11.0	12.9	5.1	×(0/5)	溶滴・炎滴あり
E-16	11.2	14.0	11.0	○(4/5)	
E-17	15.9	17.3	24.6	○(2/5)	
E-18	8.8	11.4	15.0	○(3/5)	
E-19	10.7	15.5	11.9	○(1/5)	
E-20	15.1	17.7	24.9	○(4/4)	
E-21	15.7	16.2	36.6	○(3/3)	
FR E-1	11.2	12.0	0	×(0/5)	
FR E-2	8.4	9.9	2.7	×(0/5)	
FR E-3	18.7	21.3	0	×(0/5)	
FR E-4	15.2	19.5	0	×(0/5)	
FR E-5	11.7	13.2	1.2	×(0/5)	

BEL : 全長燃焼

○ : 炎滴着火性があると判定されたもの

× : 炎滴着火性がないと判定されたもの

()内 : 炎滴着火回数 / 試験回数

写真(9)~(12) DOC FF3-71法による炎滴着火性試験



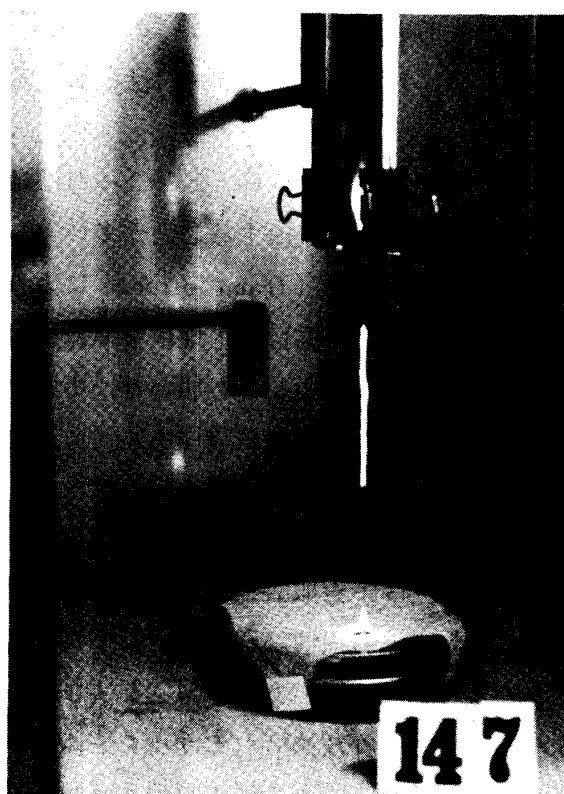
(9) E-9



(10) E-11



(11) E-14



(12) E-18

やや重目の生地では、炎滴着火性を示したものが多い。しかし、そのほとんどは試験片ホルダーのふちを伝わっての炎滴落下によるものである(写真(11), (12))。また、試験を繰り返したとき、各回とも炎滴着火性を示したものは少ない(第3表)。

(3) 二つの試験方法間の比較と問題点

MAFT法ではほとんどのポリエステル生地で炎滴着火性が確認されたのに対し、DOC FF3-71法では約半数の生地でしか炎滴着火性が認められなかった。これら二つの試験方法間における炎滴着火性の判定結果の相異は試料の形態と拘束ならびに接炎位置に問題があると考えられる。

MAFT法では、試験片がそのトップをホルダーに固定されてはいるものの、円筒状に垂れ下がっており、接炎による収縮変形に対する自由度は比較的大きい。このような状態にある試験片の表面に接炎すると、多くのマネキン実験⁵⁾で見られると同様に収縮変形し、しぼむ傾向を示す。したがって、試験片は火源から離れることなく着火する。また、表面接炎であるため上方だけにでなく、側面・下方いずれの方向にも燃焼が可能で、各生地それぞれ特有の状態での燃焼を続けることができる。したがって、炎滴を落下しやすい(写真(1)~(8))。

一方、DOC FF3-71法では、試験片は長方形でその両側が試験片ホルダーで固定されている。また、接炎位置は試験片の下端である。そのため、接炎したとき、試験片はしぼむことが妨げられ、上方に収縮して火源から離れやすく、着火しにくい。この傾向は、軽目の生地特に著しい。また、着火しても、エッジ接炎のため、下方へは燃焼できない。

実際の衣服火災では、エッジへの着火よりも表面への着火の機会の方が多いとみられる。⁶⁾また衣服には、DOC FF3-71法におけるようなカットエッジは存在しなく、ヘムエッジである。

また、着火してもDOC FF3-71法は試験片の幅が狭いため、溶融滴下する前に燃焼が試験片ホルダー側部に達することが多い(写真(9), (10))。燃焼部分がホルダーに付着すると、いわゆるフレーム効果(frame effect)により燃焼は継続しやすいが、溶融滴下は抑制される。しかしながら、やや重目の生地になり、燃焼が長く継続すると、ホルダーがかなり高温になり溶融物の流動性が増すことも加わり、ホルダーの側部を伝わっての溶融滴下が起こる。

以上のように、金属製試験片ホルダーに固定された状態での燃焼挙動は炎滴着火性に複雑に影響するし、また実際の衣服火災の状況とかけ離れている。したがって、DOC FF3-71法の結果は、衣服火災における溶融燃焼性を十分に反映しているとは考えにくい。

炎滴着火性は、衣服火災におけるやけどの一番恐しい要因である。衣服の燃焼危険性を評価するための炎滴着火性試験方法としては、炎滴着火性を確実にチェックし、判定できるということがもっとも重要である。MAFT法で炎滴着火性があると判定されながら、DOC FF3-71法でそれが認められなかった生地が、実験範囲で10点もあった。このことは、DOC FF3-71法が炎滴着火性を見のがす可能性の大きいことを意味している。

MAFT法は、本来実際の衣服の燃焼をシミュレートしようとするものであり、これを応用

した炎滴着火性試験においても、接炎時および燃焼中の試料の挙動がマネキン実験における挙動とも類似し、衣服生地 of 炎滴着火性をほぼ確実に評定できる優れた方法である。

4. 総 括

ポリエステル生地21種類と難燃性ポリエステル生地5種類を用いて、MAFFT法とDOC FF 3-71法とで炎滴着火性を試験し、二つの試験方法を比較した。その結果、DOC FF 3-71法は熱溶融性生地 of 炎滴着火性を見のがす可能性が大きいため適当ではなく、MAFFT法が炎滴着火性を評定する試験方法として優れていることが明らかにされた。

文 献

- 1) 大矢英次郎：「衣服火災と熱傷」，丸善京都支店，p.95 (1983)。
- 2) 石橋 博：鹿児島県立短期大学紀要，自然科学編，第32号，35 (1981)。
- 3) “Part 1633- Proposed Standard for the Flammability of General Wearing Apparel (PFF-)”，J. Consumer Product Flammability, 4, 288 (1977)。
- 4) Standard for the Flammability of Children’s Sleepwear, 0-6X. DOC FF 3-71, U. S. Department of Commerce (1971)。
- 5) F. Galil : LeBlanc Fifth Symposium on Textile Flammability, New Orleans, April 20-21, 1977.
- 6) L. B. Buchbinder : National Bureau of Standards, Technical Note, No. 867, 21 (1975)。