

# 衣服用ポリエステル布地の燃焼性評価

## Evaluation of Flammability of Polyester Fabric for Apparel

石橋 博・濱崎 洋子

Hiroshi ISHIBASHI · Yoko HAMASAKI

(Received September 16, 1986)

Test methods and criteria to evaluate the flammability of 100 % polyester fabrics for apparel have been studied.

Char length and flame-dripping characteristics were measured by a modified FF 3-71 and its stitching methods. Ease of ignition, flame propagation time, rate of heat transfer and flame-dripping characteristics were measured by a modified Mushroom Apparel Flammability Tester method.

A modified FF 3-71 method and its criteria are liable to overlook the flame-dripping characteristics of the lightweight polyester fabrics.

A modified FF 3-71 stitching method and its criteria are suitable for the pass/fail testing of the flame retardant apparel.

A modified Musuroom Apparel Flammability Tester method and its criteria are appropriate to determine the flammability classification of polyester fabrics for apparel.

### 1. 緒 言

衣服への着火による火傷・焼死事故が、易燃性繊維の多用と高齢化・核家族化を背景に増加している。諸外国では既に子供用寝衣等について法律で難燃規制が施行されているが、日本では法的規制はまだない。最近になってようやく衣服類を「防災製品」として新たに認定対象品目に追加することになり、衣服類の防災性能試験基準が示された<sup>1), 2)</sup>。同じ繊維製品の防災化でも、カーテン等のインテリア製品の場合が火災予防（初期消火）を主目的とするのに対し、衣服類の場合は火傷防止を主目的とする。また、衣服類は、たとえ燃え上がらなくても、高温溶融物の身体への付着による熱傷が懸念される。そのほか、衣服はインテリア製品に比べ洗濯回数が遥かに多い。したがって、衣服類の防災性のグレードは、カーテン・寝具類よりも一層高く求められる。

ポリエステルのような熱溶融性繊維の布地は、熱で溶融し、身体に付着して、熱傷を負う危険性があるが、また、これに着火した場合は炎を上げながら溶融滴下する、いわゆる炎滴により、

次々と飛火したり、さらにひどい火傷を負う危険性がある<sup>3)</sup>。したがって、熱溶融性繊維の場合、通常の燃焼性試験に炎滴着火性試験を加えることの必要性を強調してきた<sup>4)</sup>。

炎滴着火性試験としては種々の方法が考えられる。しかし、米国の子供用寝衣燃焼性基準FF 3-71をベースとした方法は、熱溶融性繊維布地の炎滴着火性を見のがす可能性が大きいため不適當であることを先に指摘した<sup>5)</sup>。しかしながら、最近定められた衣服類の防炎性能基準による炎滴着火性試験方法はFF 3-71法をベースとした方法である。

そこで、本報では、さらに多くの100%ポリエステル布地について、種々の方法で燃焼性を炎滴着火性も含めて測定し、衣服用ポリエステル布地の燃焼性評価のあり方について再度検討を行った。

## 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。E-1~E-39の普通ポリエステルのほとんどは衣服用布地として市販されていたもので、軽目のものは主としてブラウス、ワンピース、裏地など、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布地である。また、難燃ポリエステルは、FRE-1およびFRE-2がふとん側地用、FRE-3~FRE-8がカーテン用の布地である。

試験に先立ち、これらの試料布地は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、水洗乾燥する。

### 2.2 燃焼性試験方法

#### 2.2.1 FF 3-71 改良法

米国における子供寝衣燃焼性基準のFF 3-71法をベースとして、これに炎滴着火性を追加した方法である。

##### (1) 燃焼試験装置

米国の子供寝衣燃焼性基準(FF 3-71法)<sup>6)</sup>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CS-1Sを用いた。なお、特に炎滴着火性を試験するため、装置の床面中央部に直径10cm、高さ3cmの円筒缶を置き、その上に10cm角の日本薬局方ガーゼ「タイプ1」をかぶせ、テープで止める。

##### (2) 試験体

試験体の寸法は、たて25.4cm、よこ8.9cmとする。ただし、布地のたて方向を試験体のたて方向とする。

第1表 試験試料(ポリエステル100%)

試料番号	組 織	目 付 (g/m <sup>2</sup> )	厚 さ (mm)
E-1	平織 (シャー)	27	0.08
E-2	平織 (タフタ)	44	0.07
E-3	平織	53	0.06
E-4	平織 (デシン)	61	0.12
E-5	平織 (タフタ)	68	0.09
E-6	平織 (タフタ)	70	0.09
E-7	平織 (デシン)	75	0.15
E-8	平織 (ファイユ)	76	0.13
E-9	平織 (デシン)	82	0.19
E-10	よこ編	82	0.33
E-11	平織 (デシン)	83	0.17
E-12	平織 (ボイル)	84	0.21
E-13	平織 (デシン)	87	0.18
E-14	平織	101	0.29
E-15	たて編	101	0.32
E-16	朱子織 (サテン)	103	0.24
E-17	梨地織 (ジョーゼット)	107	0.30
E-18	平織 (クレープ)	109	0.22
E-19	平織 (ジョーゼット)	112	0.37
E-20	平織 (ジョーゼット)	112	0.39
E-21	平織 (パレスクレープ)	120	0.24
E-22	平編	122	0.32
E-23	平織 (和服地)	125	0.26
E-24	平織 (ジョーゼット)	127	0.33
E-25	梨地織 (アムンゼン)	127	0.29
E-26	平織 (和服地)	130	0.29
E-27	平織 (ガーゼ)	131	0.41
E-28	平織 (ジョーゼット)	136	0.38
E-29	よこ編	138	0.41
E-30	よこ編	146	0.37
E-31	梨地織 (アムンゼン)	148	0.44
E-32	よこ編	148	0.44
E-33	よこ編 (ジャガードニット)	154	0.70
E-34	変化斜文織	162	0.45
E-35	斜文織 (ギャバジン)	203	0.48
E-36	変化平織	228	0.53
E-37	よこ編 (ジャージー)	232	0.80
E-38	よこ編	242	0.67
E-39	斜文織	261	0.70
FRE-1	平織 (ふとん側地)	97	0.16
FRE-2	平織 (ふとん側地)	203	0.32
FRE-3	混合組織 (カーテン地)	231	0.70
FRE-4	二重織 (カーテン地)	429	1.11
FRE-5	レース (カーテン地)	52	0.27
FRE-6	レース (カーテン地)	54	0.28
FRE-7	レース (カーテン地)	63	0.30
FRE-8	レース (カーテン地)	120	—

FRE-1~8 難燃ポリエステル  
 FRE-1~2 リン化合物をポリエステルと共  
 重合したもの(ふとん側地)      FRE-3~5 難燃後加工したもの(カーテン地)  
 FRE-6~8 ホスフェート系化合物を重合段  
 階で添加したもの(カーテン地)

試験体は、 $50\pm 2^{\circ}\text{C}$ の恒温乾燥器で24時間乾燥後、シリカゲル入りデシケーター中に2時間以上放置する。炎滴着火性測定用ガーゼも同様にして状態調節する。

### (3) 燃焼試験

FF 3-71法に準拠する。ただし、残炎時間の代わりに炎滴着火性を測定する。

試験体を試験体支持枠に取り付け、それを装置内の所定の位置に垂直に固定する。バーナーを移動し、試験体の下端に $3.0\pm 0.2$ 秒間接炎する。なお、燃料ガスは純メタン、炎の長さは3.8cmである。

試験体支持枠上での試験体の燃焼状態および溶融落下物、炎滴落下物の有無、ならびに炎滴落火物のガーゼへの着火の有無を観察する。

試験体を試験体支持枠から取り外し、その下端部の片側に所定のおもりを引っ掛け、もう一方の下端部を持ち上げたとき、試験体の引き裂けた長さを炭化長として測る。

### (4) 判定

次の2項目を満足したとき合格とする。

①炭化長：平均炭化長は17.8cm以下であり、かつ最大炭化長は25.4cm未満であること。

②炎滴着火性：いずれの試験においても、ガーゼの着火がないこと。

## 2.2.2 FF 3-71 ステッチ法

前記のFF 3-71 改良法において、試験体にガラス繊維を縫いつけて燃焼試験を行う方法である。

第1図に示すように、3本のガラス繊維（約1,000Dの長繊維のもの）を、試験体の中心に1本、残り2本は左右に1cm間隔で縫いこむ。この際ぬい目数は5cmあたり10個とする。

燃焼試験、判定方法等はFF 3-71 改良法と同じである。

## 2.2.3 マッシュルーム改良法

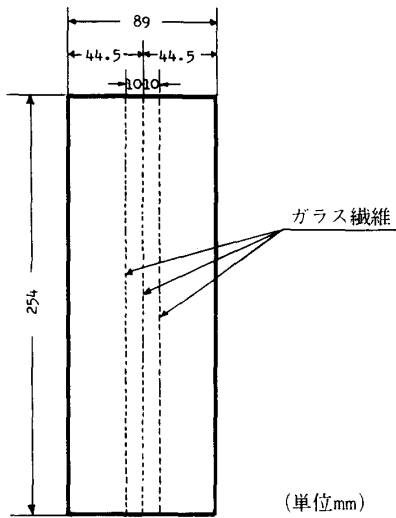
米国の一般衣服燃焼性基準案<sup>7)</sup>のマッシュルーム形衣服燃焼性試験法をベースとし、これに火炎伝播性と炎滴着火性の試験を追加した方法である。

### (1) 燃焼試験装置

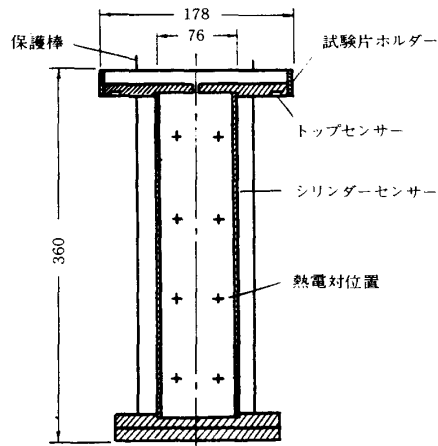
米国の一般衣服燃焼性基準案<sup>7)</sup>に基づく、スガ試験機株式会社製のマッシュルーム形衣服燃焼性試験機を用いた。センサー部を第2図に示した。着火源はNo.18注射針のニードルバーナーで、燃料ガスは純メタン（流量 $110\pm 10\text{cm}^3/\text{min}$ ）を用いる。また、炎滴着火性を試験するため、装置の試験体下方の床面に日本薬局方ガーゼ「タイプ1」を置く。さらに、火炎伝播時間を測定するため、バーナーから $90^{\circ}$ の位置におもりをつけたマーカー糸（50番綿縫糸）を吊り下げる。

### (2) 試験体

試験体の寸法は、たて30cm、よこ60cmとする。ただし、布地のたて方向を試験体のたて方向と



第1図 FF 3-71ステッチ法試験体



第2図 マッシュルーム形衣服燃焼性試験機—センサー部

する。試験体は、 $20 \pm 2^\circ\text{C}$ 、 $65 \pm 2\% \text{RH}$ の恒温恒湿器内に18時間以上放置したのち、これより取り出してただちに試験をする。

### (3) 燃焼試験

一般衣服燃焼性基準案<sup>7)</sup>に準拠する。

#### 1) 着火性試験

試験体を試験体支持リングに巻き付け、それを装置内の所定の位置に円筒状に固定する。試験体の下端から10cm上方の位置に接炎する。着火すれば接炎時間を短縮し、着火しなければ延長するという操作を繰り返し、ISO 6940<sup>8)</sup>における着火時間の求め方に準じて、着火するための最小接炎時間を求め、着火時間とする。なお、着火の判定は、試験体が5秒以上燃焼を継続するか、または炭化長が10cm以上の場合とする。

#### 2) 熱伝達速度試験

試験体中央の下端から10cm上方に直径約5mmの穴をあけ、着火性試験と同様にして装置内に固定する。この穴の位置に3.0秒間接炎する。ただし、3.0秒間で着火しない試料については12.0秒間接炎する。燃焼する試験体から内側のセンサーへの熱伝達速度の最大値を求める。

#### 3) 火炎伝播時間

試験体表面に接炎を開始後、バーナーから $90^\circ$ 位置のマーカース糸が燃焼して切れるまでの時間を測定する。

#### 4) 炎滴着火性

試験体の下端から10cm上方の位置に3.0秒間接炎する。燃焼する試験体からの炎滴落下物の有無およびそのガーゼへの着火の有無を観察する。

(4) 判定・評価

1) マッシュルーム法 (一般衣服燃焼性基準案<sup>7)</sup>) による評価基準

- ① Class 1 最大熱伝達速度が $0.40 \text{ (J/cm}^2 \cdot \text{s)}$  以下のもの
- ② Class 2 最大熱伝達速度が $0.40 \text{ (J/cm}^2 \cdot \text{s)}$  を超え、また着火時間が1秒を超えるもの。
- ③ Class 3 最大熱伝達速度が $0.40 \text{ (J/cm}^2 \cdot \text{s)}$  を超え、また着火時間が0.5秒を超え、かつ1秒以下のもの。
- ④ Class 4 最大熱伝達速度が $0.40 \text{ (J/cm}^2 \cdot \text{s)}$  を超え、また着火時間が0.5秒未満のもの。

2) マッシュルーム改良法<sup>4)</sup>による評価基準

着火性 (着火時間), 火炎伝播性 (火炎伝播時間) および熱伝達速度の測定値を等級化し, その等級組み合わせと溶融・炎滴着火性とから総合的に燃焼危険性を評価する方法で既報<sup>4)</sup>に示したとおりである。

A, B, C, Dに評価区分され, Aがもっとも低危険性で, Dがもっとも高危険性である。

### 3. 実験結果

#### 3.1 FF 3-71 改良法

ポリエステルのような熱溶融性繊維は, 加熱に際して溶融・収縮し, いわゆるドリップ現象を示す。FF 3-71 改良法のように, 緊張状態で接炎すると, 接炎と同時に試験体が熱収縮して遠ざかり, 火源が固定されているため, それ以上試験体は実質的に接炎されないで燃えない。薄地の場合にこの傾向が特に著しく, 得られる炭化長は, 熱収縮した長さである。これらは, ドリップ効果のために見掛け上難燃性と評価される恐れがある。

ある程度厚地になると, 火炎から逃げのびる時間が長くかかったり, 逃げきれなくなったりして実質的な接炎時間が長くなり, 燃えることがある。このようにして, いったん着火すると, 溶融しながら燃焼する試験体の一部が溶融滴下し, それが火炎を伴う場合, 下方に置かれたガーゼに着火するいわゆる炎滴着火性が観察される。

しかしながら, 薄地の場合は, 前述のように火源から遠ざかって着火しなかったり, たとえ着火しても収縮が激しく, 溶融滴下する前に試験体支持棒に付着し, その状態で燃えるため, 溶融滴下が起こりにくい。また, 薄地で燃焼量が少ないため, 金属製の試験体支持棒に熱を奪われて燃焼を停止することもある。このようにして, 薄地の場合は炎滴着火が起こりにくい。

布地の目付との関係を見ると, 目付が $100 \text{ g/m}^2$  以下の場合, 炎滴着火が観察されたのは, 13点中2点だけである。 $100 \sim 150 \text{ g/m}^2$  では, 約半数のものに (19点中11点), また,  $150 \text{ g/m}^2$  以上では,

すべてのものに炎滴着火性が観察された。

難燃ポリエステルでも、2点が炎滴着火性を示した。

### 3.2 FF 3-71 ステッチ法

第2表に見られるように、FF 3-71 ステッチ法の炭化長は、FF 3-71 法の場合に比べて大きい。また、炎滴着火性も1点 (E-1) を除くすべての試料で観察された。これらは、試験体にガラス繊維を縫いつけたことで、接炎した際に試験体が収縮・溶融して火源から遠ざかり実質的に接炎されないという現象が抑えられ、着火しやすくなることと、溶融する繊維がガラス繊維に付着して、それに支えられて燃焼を続けるために、溶融・炎滴を落下しやすいことによるものと考えられる。

難燃ポリエステルでも8点中6点が炎滴着火性を示した。これらの難燃ポリエステルはカーテン用、またはふとん側地用の布地である。このように、カーテングレードや寝具グレードの難燃性では衣服の炎滴着火性を十分に防止できない。

### 3.3 マッシュルーム改良法

第2表に見られるように、3点 (E-9, E-15, E-20) を除いて着火した。薄地で0.5~2.5秒、厚地では、1.0~4.8秒で着火した。他の繊維に比べて着火しやすい方ではない。<sup>4)</sup>

一般にマッシュルーム法では、試験体に接炎すると、試験体はFF 3-71 法におけると同様に収縮・溶融するが、トップ部分以外固定されていなく、また表面着火であるため、FF 3-71 法と異なり、収縮以外に湾曲 (カール)・しぼむなどが可能で、火源から離れて逃げることがやや困難である。したがって、マッシュルーム法の方がFF 3-71 法よりも着火が起こりやすい。しかし、1点 (E-31) を除いて、バーナーから90°位置のマーカー糸に至るまでに、途中で消火し、あまり燃え広がることはない。

熱伝達速度は、最大0.34J/cm<sup>2</sup>・sで、他の繊維に比べて、いずれも小さい方である。

炎滴着火性は、普通ポリエステルでは34点中32点の試料で炎滴着火が見られた。前述のように、FF 3-71 法と異なり試験体が湾曲したり、しぼむことが可能で、着火しやすいことと、表面着火であるため、燃焼溶融しながら、下方へも燃焼を続けることができることによるものと考えられる。

一方、難燃ポリエステルは、いずれも炎滴着火性を示さなかった。これは、ある程度の難燃効果によるものと思われる。

### 3.4 評価

種々の燃焼性試験基準による評価・判定結果をまとめると、第3表のようになる。

FF 3-71 法基準 (米国, 子供寝衣燃焼性基準) は、判定項目が炭化長だけであるため、炎滴着火性のある多くの布地が合格し、普通ポリエステルでも39点中23点が合格となる。

第2表 燃焼性試験結果

試料番号	目付 (g/m <sup>2</sup> )	FF 3-71 改良法			FF 3-71 ステッチ法			マッシュルーム改良法				評価区分		
		炭化長 (cm) 平均	炭化長 (cm) 最大	炎滴着火性	判定	炭化長 (cm) 平均	炭化長 (cm) 最大	炎滴着火性	判定	着火時間 (s)	火炎伝播時間 (s)		熱伝達速度 (J/cm <sup>2</sup> ·s)	炎滴着火性
E-1	27	15.1	18.7	X (0/5)	合格	15.7	全焼	X (0/5)	不合格	1	途中消火	—	○	C
E-2	44	9.6	12.5	X (0/5)	合格	19.6	全焼	○ (2/5)	不合格	2.1	途中消火	0.03	○ (1/5)	C
E-3	53	13.4	全焼	X (0/5)	不合格	22.8	全焼	○ (3/5)	不合格	0.9	途中消火	0.06	○ (5/5)	C
E-4	61	全焼	全焼	X (0/5)	不合格	全焼	全焼	○ (3/5)	不合格	0.5	途中消火	0.08	○	C
E-5	68	10.9	13.0	X (0/5)	合格	全焼	全焼	○ (3/5)	不合格	2	途中消火	—	○	C
E-6	70	11.3	12.9	X (0/5)	合格	22.8	全焼	○ (5/5)	不合格	0.9	途中消火	0.10	○	C
E-7	75	全焼	全焼	X (0/5)D	不合格	全焼	全焼	○ (2/5)	不合格	0.8	途中消火	0.29	○ (4/5)	C
E-8	76	全焼	全焼	○ (1/5)	不合格	全焼	全焼	○ (3/5)	不合格	1.0	途中消火	0.29	○ (4/5)	C
E-9	82	10.6	18.2	X (0/5)	合格	22.3	全焼	○ (3/5)	不合格	着火せず	—	*0.12	○ (1/5)	C
E-10	82	11.8	15.5	X (0/5)	合格	21.1	全焼	○ (5/5)	不合格	1.8	途中消火	0.02	○	C
E-11	83	24.0	全焼	X (0/5)	不合格	全焼	全焼	○ (3/5)	不合格	1.5	途中消火	0.34	○ (4/5)	C
E-12	84	11.6	13.0	X (0/5)	合格	21.7	全焼	○ (2/5)	不合格	0.8	途中消火	0.27	○	C
E-13	87	24.1	全焼	○ (1/5)	不合格	全焼	全焼	○ (2/5)	不合格	1.1	途中消火	0.10	○ (5/5)	C
E-14	101	11.6	12.5	X (0/5)D	合格	全焼	全焼	○ (4/5)	不合格	2.5	途中消火	0.12	○	C
E-15	101	10.3	10.7	X (0/5)	合格	21.7	全焼	○ (3/5)	不合格	着火せず	—	—	X	B
E-16	103	9.6	11.1	X (0/5)D	合格	全焼	全焼	○ (3/5)	不合格	1.6	途中消火	0.03	○	C
E-17	107	13.1	全焼	○ (1/5)	不合格	—	—	—	—	1.0	途中消火	0.07	○	C
E-18	109	23.5	全焼	○ (5/5)	不合格	24.3	全焼	○ (5/5)	不合格	1.4	途中消火	0.14	○ (4/5)	C
E-19	112	10.4	11.6	X (0/5)	合格	全焼	全焼	○ (4/5)	不合格	0.6	途中消火	0.07	○	C
E-20	112	10.9	12.0	X (0/5)	合格	16.9	全焼	○ (2/5)	不合格	着火せず	—	—	X	B
E-21	120	全焼	全焼	○ (2/5)	不合格	—	—	—	—	2.4	途中消火	0.04	○	C
E-22	122	8.0	9.1	X (0/4)FD	合格	—	—	—	—	—	—	—	—	—
E-23	125	全焼	全焼	○ (2/5)	不合格	全焼	全焼	○ (5/5)	不合格	1.6	途中消火	0.14	○ (2/2)	C
E-24	127	全焼	全焼	○ (2/5)	不合格	—	—	—	—	—	—	—	○	—
E-25	127	13.6	全焼	○ (4/5)	不合格	—	—	—	—	2.1	途中消火	0.15	○	C
E-26	130	22.5	全焼	○ (2/4)	不合格	全焼	全焼	○ (4/5)	不合格	1.0	途中消火	0.24	○ (3/3)	C
E-27	131	11.0	12.9	X (0/5)FD	合格	全焼	全焼	○ (5/5)	不合格	1.7	途中消火	0.12	○	C
E-28	136	全焼	全焼	○ (1/5)	不合格	—	—	—	—	—	—	—	—	—
E-29	138	8.7	9.6	○ (3/5)	不合格	全焼	全焼	○ (4/5)	不合格	1.6	途中消火	0.11	○ (5/5)	C



第2表 (続き)

試料番号	目付 (g/m <sup>2</sup> )	FF 3-71 改良法			FF 3-71 ステッチ法			マッシュルーム改良法					評価 区分				
		炭化長(cm)		判定	炭化長(cm)		炎滴着火性	判定	着火時間 (s)	火炎伝播 時間(s)	熱伝達速度 (J/cm <sup>2</sup> ·s)	炎滴着火性					
		平均	最大		平均	最大											
E-30	146	13.9	全焼	× (0/4)	23.2	全焼	○ (5/5)	不合格	—	—	—	—	—	—	—	—	—
E-31	148	11.2	14.0	○ (4/5)	—	—	—	—	1.3	41	0.18	—	—	—	—	—	C
E-32	148	21.4	全焼	○ (5/5)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
E-33	154	15.9	17.3	○ (2/5)	—	—	—	—	1.1	途中消火	0.23	—	—	—	—	—	C
E-34	162	8.8	11.4	○ (3/5)	—	—	—	—	2.8	途中消火	0.12	—	—	—	—	—	C
E-35	203	10.7	15.5	○ (1/5)	—	—	—	—	4.1	途中消火	0.07	—	—	—	—	—	C
E-36	228	15.1	17.7	○ (4/4)	—	—	—	—	3.5	途中消火	0.18	—	—	—	—	—	C
E-37	232	15.7	16.2	○ (3/3)	—	—	—	—	2.5	途中消火	0.18	—	—	—	—	—	C
E-38	242	9.2	10.0	○ (5/5)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
E-39	261	9.3	14.7	○ (2/5)	17.3	全焼	○ (5/5)	不合格	4.8	途中消火	0.13	—	—	—	—	—	C
FRE-1	97	11.2	12.0	× (0/5)	12.2	18.9	○ (2/5)	不合格	着火せず	—	—	—	—	—	—	—	A
FRE-2	203	8.4	9.9	× (0/5)	13.0	21.5	× (0/5)D	合格	着火せず	—	—	—	—	—	—	—	A
FRE-3	231	7.0	12.8	○ (1/5)	6.5	7.5	○ (2/5)	不合格	着火せず	—	*0.11	—	—	—	—	—	A
FRE-4	429	2.5	2.7	○ (1/5)	2.6	3.0	○ (1/5)	不合格	着火せず	—	*0.09	—	—	—	—	—	A
FRE-5	52	11.1	13.2	× (0/5)	12.1	15.3	× (0/5)	合格	着火せず	—	*0.10	—	—	—	—	—	A
FRE-6	54	18.7	21.3	× (0/5)	11.9	13.3	○ (1/5)	不合格	着火せず	—	—	—	—	—	—	—	A
FRE-7	63	15.2	19.5	× (0/5)	13.2	15.8	○ (1/5)	不合格	着火せず	—	—	—	—	—	—	—	A
FRE-8	120	11.7	13.2	× (0/5)	13.0	18.5	○ (4/5)	不合格	着火せず	—	—	—	—	—	—	—	A

○ : 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  
 ×FD : 炎滴が落下したが着火しなかったもの  
 \* : 12秒加熱中の熱伝達速度

×D : 溶滴が落下したのもの

第3表 燃焼性評価・判定結果

試料番号	目付 (g/m <sup>2</sup> )	FF 3-71 炭化長	FF 3-71 改良法		FF 3-71 ステッチ法		マッシュルーム法	マッシュルーム改良法
			炭化長	炎滴着火性	炭火長	炎滴着火性	Class	評価区分
E-1	27	○	○	○	×	○	1	C
E-2	44	○	○	○	×	×	1	C
E-3	53	×	×	○	×	×	1	C
E-4	61	×	×	○	×	×	1	C
E-5	68	○	○	○	×	×	1	C
E-6	70	○	○	○	×	×	1	C
E-7	75	×	×	○	×	×	1	C
E-8	76	×	×	×	×	×	1	C
E-9	82	○	○	○	×	×	1	C
E-10	82	○	○	○	×	×	1	C
E-11	83	×	×	○	×	×	1	C
E-12	84	○	○	○	×	×	1	C
E-13	87	×	×	×	×	×	1	C
E-14	101	○	○	○	×	×	1	C
E-15	101	○	○	○	×	×	1	B
E-16	103	○	○	○	×	×	1	C
E-17	107	×	×	×	—	—	1	C
E-18	109	×	×	×	×	×	1	C
E-19	112	○	○	○	×	×	1	C
E-20	112	○	○	○	×	×	1	B
E-21	120	×	×	×	—	—	1	C
E-22	122	○	○	○	—	—	—	—
E-23	125	×	×	×	×	×	1	C
E-24	127	×	×	×	—	—	—	—
E-25	127	×	×	×	—	—	1	C
E-26	130	×	×	×	×	×	1	C
E-27	131	○	○	○	×	×	1	C
E-28	136	×	×	×	—	—	—	—
E-29	138	○	○	×	×	×	1	C
E-30	146	×	×	○	×	×	—	—
E-31	148	○	○	×	—	—	1	C
E-32	148	×	×	×	—	—	—	—
E-33	154	○	○	×	—	—	1	C
E-34	162	○	○	×	—	—	1	C
E-35	203	○	○	×	—	—	1	C
E-36	228	○	○	×	—	—	1	C
E-37	232	○	○	×	—	—	1	C
E-38	242	○	○	×	—	—	—	—
E-39	261	○	○	×	—	—	1	C
FRE-1	97	○	○	○	○	×	1	A
FRE-2	203	○	○	○	○	○	1	A
FRE-3	231	○	○	×	○	×	1	A
FRE-4	429	○	○	×	○	×	1	A
FRE-5	52	○	○	○	○	○	1	A
FRE-6	54	×	×	○	○	×	1	A
FRE-7	63	○	○	○	○	×	1	A
FRE-8	120	○	○	○	○	×	1	A

○:合格

×:不合格

FF 3-71 改良法基準（防炎協会「防炎製品」認定基準）は、判定項目として炭化長に炎滴着火性を追加している。したがって、この試験条件下で炎滴着火性を示すものはすべて不合格となる。

そのため、FF 3-71 法基準よりも多少厳しく、FF 3-71 法基準に合格した普通ポリエステル23点のうち9点がさらに不合格になった。難燃ポリエステルも2点が炎滴着火性で不合格になる。

FF 3-71 ステッチ法基準は、前記FF 3-71 改良法基準と判定基準は同じであるが、試験体にガラス繊維をステッチするという試験条件が異なる。このような条件下では非常に溶滴・炎滴の落下が起きやすいため、FF 3-71 改良法で合格した普通ポリエステル14点のすべて（未実験の1点を除く）が炎滴着火性の点で不合格となる。また、難燃ポリエステルでも8点中6点が不合格になり、合格するのは2点だけであった。

マッシュルーム法基準では、試験をしたすべての試料がもっとも低危険性のClass 1と評価された。これは、評価項目が着火性と熱伝達速度だけであり、たとえ着火しても燃え広がりにくく、熱伝達速度が小さい熱溶融性の繊維が非常に有利になるためである。

これに対し、マッシュルーム改良法基準は、これらの評価項目にさらに溶融・炎滴着火性などを追加しているために、熱溶融性のポリエステルなどにあっては厳しい評価となる。これによれば、難燃ポリエステルのすべてがA、普通ポリエステルでは2点がB、その他はすべてCであった

（A：低危険性、B：やや低危険性、C：やや高危険性、D：高危険性）。ここで、難燃ポリエステルが普通ポリエステルと区別して評価されたことについてはこの評価基準が合理的であったとも考えられる。しかし、FF 3-71 ステッチ法で炎滴着火性が認められた難燃ポリエステルの6点がAと評価されたことについては、試験条件や評価方法の再検討の必要があるかもしれない（可燃性の溶融性繊維はAに区分されないが、難燃性の溶融性繊維はAに区分されることがある）。しかし、他の方法や基準に比べ妥当性があると言えるであろう。

## 4. 考 察

これまで、難燃ポリエステルを含む47種類のポリエステル布地について、種々の試験方法および評価方法で試験と評価を行った。衣服用ポリエステル布地の燃焼危険性に対する評価方法としての妥当性について考察をする。

まず、燃焼試験方法としては、試験条件ができる限り実際の衣服の着用状態に近く、その危険性を再現評価できることが望ましい。この点では計装化マネキン法より優れるものはないであろう。しかし、マネキン法は汎用試験方法としては適当ではない。マッシュルーム法は、FF 3-71 法や他の方法に比較し多くの点で優れている。たとえば、試験体の形態が衣服のそれに類似している。

また、FF 3-71 法のように金属性の支持枠にしっかり固定されることがないので、実際の衣服に着火した時のように、収縮・湾曲・しぼむなどして燃焼する。さらに、接炎位置が実際の事故例として多いとみられる布地表面であるなどが上げられる。

燃焼に対する危険性または安全性すなわち防炎性を評価するためには、関連する主な危険因子について総合的に評価・判定することが重要である。特に、衣服の防炎性については、それを着用する被害者の火傷に対する危険性という観点からの配慮が必要である。

その点、衣服の燃焼危険性因子である着火性、火炎伝播性、熱伝達速度および炎滴着火性などの測定が可能であるマッシュルーム改良法が優れている。

これらの燃焼危険性因子を測定し、総合的に評価するマッシュルーム改良法基準による評価結果は実際面からして特に矛盾する点も見当たらず、概ね妥当な結果が得られていると思われる。

マッシュルーム法の難点を強いていえば、燃焼試験装置がやや高額で、まだ余り普及していない点であろう。

FF 3-71 法は、米国の子供寝衣基準の方法で、その装置も普及が進んでいるとみられる。この方法は、垂直法で下端接炎であることから、一般的にかなり厳しいものである。試験体を金属製の支持枠にはめ、しかも実際の衣服では存在しないような布地の裁ち目 (cut edge) に接炎するなどの問題があるが、厳しい防炎性能を要求する場合には一定の意味をもつといえるかも知れない。しかし、熱溶解性繊維の場合は、これまで繰り返し述べてきたように、試験体が火源から収縮して離れ、燃焼性を正しく評価できないことがある。

最近、防炎協会が定めた衣服類の防炎性能試験基準 (鉛直メタンバーナー法)<sup>2)</sup> は FF 3-71 法をベースとしている。この基準では従来の FF 3-71 法基準に炎滴着火性を追加しており、一定の改善がなされている。しかしながら、これまでに示してきたように、目付が100 g/m<sup>2</sup>以下のような薄地のポリエステル生地の場合、本来炎滴着火性があるにも拘らず、それを見のがすという問題がある。

FF 3-71 法をベースとするならば、FF 3-71 改良法をさらに改良する方法として、熱溶解性繊維を含む試料の場合には、ガラス繊維を3本ステッチするFF 3-71 ステッチ法が防炎性を保証する試験方法として適当であると考えられる。

FF 3-71 ステッチ法基準は、マッシュルーム改良法基準に比較し、ポリエステルについてさらにやや厳しい評価結果が得られ、この基準に合格するものは非常に少ない。衣服の防炎性能基準は、子供、身体障害者および老人を火傷から護ることがある程度できる性能を保証するものであることから、熱で溶解し、さらには炎滴が付着する恐れのあるものが、防炎衣服から、除外されることは、当然であり、望ましいことであろう。

## 5. 総 括

衣服用100%ポリエステル布地の燃焼性を評価する試験方法および基準について検討した。

FF 3-71 法基準は、炭化長だけであり、炎滴着火性を無視するので不適當である。

FF 3-71 改良法基準は、上記基準に炎滴着火性を追加してはいるものの、特に薄地の布地について炎滴着火性を見のがしやすい。

FF 3-71 ステッチ法基準は、防炎性衣服としての合否を判定するのに適當である。

マッシュルーム改良法基準は、衣服用ポリエステル布地の燃焼性区分を決めるのに妥當である。

## 文 献

- 1) 日本防炎協会防炎製品認定委員会,「衣服類及び布張家具等を防炎製品として認定品目に追加することについて」防炎ニュース, No. 86, 4 (1986)
- 2) 日本防炎協会防炎製品認定委員会 寝衣・衣服類防炎性能調査研究分科会,「衣服類の防炎性能に関する研究」(1986)  
日本防炎協会,「防炎製品」の認定関係資料集 (防炎製品の性能試験基準) (1986.9)
- 3) 大矢英次郎,「衣服火災と熱傷」,丸善京都支店 (1983)
- 4) 石橋 博, 鹿児島県立短期大学紀要 自然科学篇, No. 32, 35 (1981)
- 5) 石橋 博, 鹿児島県立短期大学紀要 自然科学篇, No. 35, 51 (1984)
- 6) Standard for the Flammability of Children's Sleepwear, Size 0 through 6X (FF 3-71)  
U. S. Department of Commerce (1971).
- 7) Part 1633-Proposed Standard for the Flammability of General Wearing Apparel (PFF - ),  
J. Consumer Product Flammability, Vol. 4, 288 (1977).
- 8) ISO 6940-1984 Determination of Ease of Ignition of Vertically Oriented Specimens.