

国内の主要都市で採用されている防火衣服地の性能比較試験について

Performance Test of fire Coats Used By Firefighters of The Several Primical City in Japan

國 本 由 人*
笹 子 拓 美*
糠 信 茂 男*

概 要

国内の主要都市で採用されている防火衣について、その特徴を把握するための性能試験を行った。
なお、防火衣服地の種類と試験項目は、次のとおりである。

1 防火衣の服地の種類

- (1) 芳香族ポリアミド
- (2) 芳香族ポリアミドにアルミックス加工
- (3) ウールと芳香族ポリアミドの混紡
- (4) 炭素繊維と芳香族ポリアミドの混紡

2 試験項目

- (1) 物理的性能試験
- (2) 機械的性能試験
- (3) 熱的性能試験

3 試験結果

引張り強さ及び引裂き強さは、芳香族ポリアミド、芳香族ポリアミド繊維にアルミックス加工したものの順で良かった。以下二種は同程度であった。

また、破裂強さは、芳香族ポリアミド繊維にアルミックス加工したものの、芳香族ポリアミド、ウールと芳香族ポリアミド繊維を混紡したもの、炭素繊維と芳香族ポリアミド繊維の混紡したものの順であった。

熱的性能試験は、芳香族ポリアミドが良く、その他のものは大差はなかった。

We have caught the feature by performance test of the coats used by firefighters of the several primical city in Japan.

Kind of cloth and tests are shown the following.

1 Kind of cloths.

- (1) Aromatic polyamide.
- (2) Alminined aromatic polyamide.
- (3) Mined aromatic polyamide and wool.
- (4) Mined carbon fiber and aromatic polyamide.

2 Kind of tests.

- (1) Physical performorce test.
- (2) Mechanical performance test.
- (3) Thermal performancl test.

*第一研究室

3 Result.

Tensile strength test and tear strength test shows that aromatic polyamide is most strong.

Next, aluminized aromatic polyamide. Next, other materials shows almost same result.

Bursting strength test shows that aluminized Aromatic polyamide is most strong.

Next, aromatic polyamide.

Next mixed Aromatic polyamide and wool. Next, mixed carbon fiber and aromatic polyamide.

Thermal performance test shows that aromatic polyamide is most strong.

Next, other materials shows almost same result.

1 はじめに

現在国内の主要都市で採用されている防火衣は、素材(特殊加工されたものも含む)、形状及び色彩など多種にわたっている。

過酷な条件下で使用される防火衣は、耐熱性、

運動性、強度及び軽量など種々の性能が要求される。

今回、国内での主要都市(含東京)で採用されている防火衣7種について、その服地の特徴を把握するため物理的、熱的及び機械的性能試験を行った。

2 試料

表1 試料一覧表

防火衣種別	種類	試料No	品名	基布			加工	
				組織	織	番手		
						た		てよこ
A	外衣	1	芳香族ポリアミド100	APA100%	平	30/2	30/2	片面にアルミ粉末入ゴムコーティング
B	外衣	2	芳香族ポリアミド100	APA100%	綾	20/2	20/2	撥水加工
	內衣	3	芳香族ポリアミド100	APA100%	平	40/1	40/1	片面にアルミ粉末入コーティング
C	外衣	4	ウール60+ 芳香族ポリアミド40	W 60% APA40%	カルゼ織	49/2	52/2	ザプロ、撥水、帯電防止加工
	內衣	※5	ウール75+ 芳香族ポリアミド25	W 75% APA25%	丸編ニット	41/1	41/1	ザプロ、撥水、帯電防止加工
D	外衣	6	ウール50+ 芳香族ポリアミド50	W 50% APA50%	サージ	52/2	52/2	ザプロ、撥水、透湿防水、帯電防止加工
	內衣	※5	ウール75+ 芳香族ポリアミド25	W 75% APA25%	丸編ニット	41/1	41/1	ザプロ、撥水、帯電防止加工
E	外衣	7	炭素繊維65+ 芳香族ポリアミド35	P, C65% APA35%	平	20/2	20/2	片面にアルミ粉末入ゴムコーティング
F	外衣	8	芳香族ポリアミド100	APA100%	綾	30/2	30/2	アルミ蒸着塗装
G	外衣	9	芳香族ポリアミド100	APA100%	綾	20/2	20/2	アルミ蒸着フッ素系フィルム
	內衣	10	綿100	CO100%	朱子	30/2	30/2	ブローバン加工

注) APA : 芳香族ポリアミド
W : ウール

P, C : プレカーボン
CO : 綿
※5 : 同様の內衣

3 試験項目及び方法

物理的性能試験及び機械的性能試験については JIS L 1096(一般織物試験方法)、熱的性能試験については JIS L 1091(繊維製品の燃焼性試験方法) に準じて行った。

(1) 物理的性能試験

ア 厚さ

試料10×10cm各3枚を、標準状態(温度20°C、相対湿度65%)の恒温恒湿室に8時間放置後、ダイヤルシクネスゲージを用い試料の4隅と中央1の計5ヶ所を測定し平均値とした。

イ 質量

前アの試料を用い、厚さ測定後、上皿電子化学天秤で測定した。

ウ 絶乾質量

前アの試料を用い、質量測定後、温度105°Cの恒温槽(乾燥器)で、4時間乾燥後デシケーターで冷却し、上皿電子化学天秤で測定した。

エ 水分率

前イ及びウの測定結果から次式より算出した。

$$\text{水分率} [\%] = \frac{W - W'}{W'} \times 100$$

W : 試料の質量 [g]

W' : 試料の絶乾質量 [g]

オ 密度

試料のたて・よこ方向1cm間(基布)の糸の本数を数えた。

カ 見掛け比重

糸(織物)は構成上、空気を包含した形で存在しているので、真の比重ではなくそのまゝの見掛け比重を測る場合が多い。

見掛け比重は、前アとイの測定結果より次式で算出した。

$$\text{見掛け比重} = \frac{W}{t \times 1000}$$

W : 標準状態における1m²当たりの質量 [g/m²]

t : 厚さ [cm]

(2) 機械的強度試験

ア 引張り強さ

試料は、巾5cm×長さ30cm、たて・よこ方向各3枚採取し、インストロン型万能試験機を用い、定速伸長で、つかみ間隔20cm、引張り速度10cm/minで測定した。

イ 伸び

前アの試験時、切断時の伸びを測定し、伸び率を算出した。

ウ 引裂き強さ

試料は、巾5cm×長さ30cm、たて・よこ方向各3枚採取し、短辺の中央に辺と直角に10cmの切れ目を入れ、インストロン型万能試験機を用い試料のつかみ間隔を10cmとし、各舌片をクランプに直角にはさみ、引張り速度10cm/minで測定した。

エ 破裂

試料は、15×15cm、各3枚を採取し、インストロン型万能試験機を用い、内径4.4cmのクランプに取付け、先端の曲半径1.25cm、直径2.5cmの押棒により10cm/minの加圧速度で押棒が試料を突き破る強さを測定した。(図1参照)

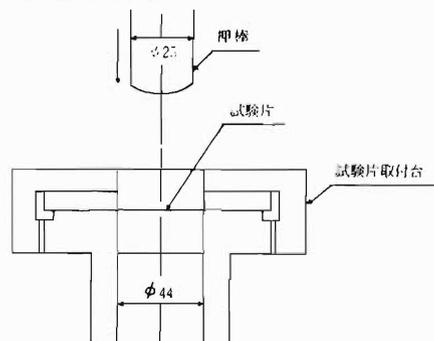


図1 破裂試験(インストロン型)

(3) 熱的性能試験

試料は、35×25cm、たて・よこ方向各3枚採取し、支持棒に取付け、LPガス燃料によるマイクロバーナー炎の高さ4.5cmに調節し、炎の先端が試料に接するようにして、1分間加熱し残炎時間(秒)、残じん時間(秒)を測定した。試験終了後、デジタイザーを用い、炭化面積(cm²)及び最長炭化距離(cm)を測定した。(図2参照)

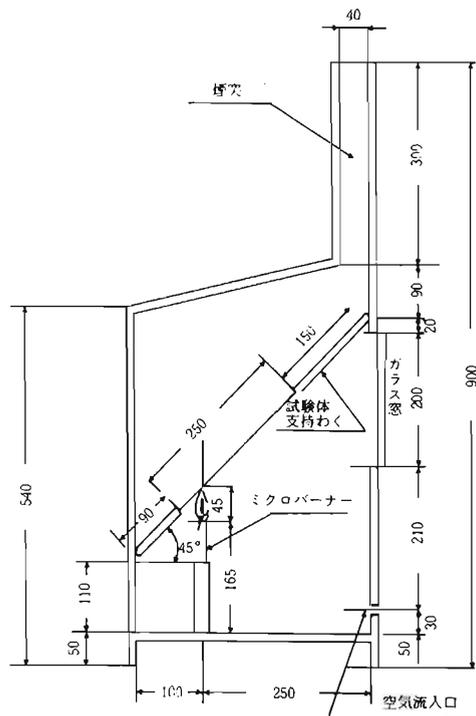


図2 燃焼試験(45°法マイクロバーナー法)

4 試験結果

表2-1 物理的性能試験結果表(防火衣外衣)

防火衣別	試料 No.		標準状態				絶乾状態	水分量 [g/m ²]	水分率 [%]
			厚さ (cm)	質量 [g/m ²]	密度 [本/cm]	見掛け 比重	質量 [g/m ²]		
A	No.1	たよてこ	0.049	471.2	23 18	0.962	467.0	4.2	0.899
B	No.2	たよてこ	0.055	274.7	26 16	0.499	271.4	3.2	1.179
C	No.4	たよてこ	0.061	336.0	43 31	0.551	329.8	6.2	1.888
D	No.6	たよてこ	0.049	290.7	35 22	0.593	284.4	6.3	2.222
E	No.7	たよてこ	0.057	613.2	18 18	1.076	608.0	5.2	0.855
F	No.8	たよてこ	0.046	314.3	31 20	0.683	310.1	4.2	1.354
G	No.9	たよてこ	0.060	394.6	19 16	0.658	391.2	3.4	0.869

表 2 - 2 物理的性能試験結果表 (防火衣内衣)

防火衣別	試料 No		標準状態				絶乾状態		水分量 [g/m ²]	水分率 [%]
			厚さ [cm]	質量 [g/m ²]	密度 [本/cm]	見掛け 比重	質量 [g/m ²]			
B	No 3	たて よこ	0.028	256.8	22 21	0.917	255.3	1.5	0.588	
C	No 5	たて よこ	0.082	295.7	—	0.361	287.4	8.3	2.888	
D	No 10	たて よこ	0.036	199.4	55 31	0.554	196.2	3.2	1.631	

表 3 - 1 機械的強度, 熱的性能試験結果表 (防火衣外衣)

防火衣別	試料 No		引張試験			引裂き試験	破裂試験	燃焼試験 (45° 法)			
			引張強さ [kgf]	伸び [mm]	伸率 [%]	引裂き強さ [kgf]	破裂強さ [kgf]	炭化面積 [cm ²]	炭化距離 [cm]	残炎時間 [sec]	残じん時間 [sec]
A	1	たて	136.7	85.7	143	4.7	152.9	10.37	3.2	0	0
		よこ	113.3	84.3	142	5.3		6.61	2.5	0	0
B	2	たて	212.5	78.7	139	17.1	147.8	3.00	1.6	0	0
		よこ	128.1	51.3	126	18.1		2.66	1.6	0	0
C	4	たて	155.0	94.7	147	4.2	119.2	11.45	2.9	0	0
		よこ	102.5	65.0	133	5.0		12.33	3.3	0	0
D	6	たて	154.6	80.0	140	5.0	114.6	8.83	2.8	0	0
		よこ	87.1	71.6	136	5.0		6.30	2.4	0	0
E	7	たて	113.8	16.4	108	4.6	55.0	7.32	2.8	0	0
		よこ	112.0	32.0	116	4.4		5.58	2.3	0	0
F	8	たて	148.8	118.7	159	4.2	144.0	5.95	2.4	0	0
		よこ	105.5	98.3	149	5.6		5.47	2.3	0	0
G	9	たて	173.1	88.0	144	15.2	197.5	7.81	2.8	0	0
		よこ	135.5	94.0	147	13.3		5.59	2.3	0	0

表 3-2 機械的強度，熱的性能試験結果表（防火衣內衣）

防火衣別	試料 No		引張試験			引裂き試験	破裂試験	燃焼試験（45°法）			
			引張強さ [kgf]	伸び [mm]	伸率 [%]	引裂き強さ [kgf]	破裂強さ [kgf]	炭化面積 [cm ²]	炭化距離 [cm]	残炎時間 [sec]	残じん時間 [sec]
B	3	たて	66.7	35.3	118	4.1	59.6	6.38	2.5	0	0
		よこ	60.7	50.0	125	4.1		6.68	2.5	0	0
C D	5	たて	66.7	128.7	164	4.7	48.8	13.29	3.4	0	0
		よこ	47.9	328.6	264	4.0		12.03	3.6	0	0
G	10	たて	103.3	21.0	111	2.3	42.5	20.41	5.5	0	0
		よこ	40.4	25.6	113	3.1		17.67	3.8	0	0

(1) 物理的試験について

ア 絶乾質量

（外衣のみの場合）

試料No.7 (608g/m²)，No.1 (467g/m²)，No.9 (391g/m²)，No.4 (330g/m²)，No.8 (310g/m²)，No.6 (284g/m²)，No.2 (271g/m²)であり，最も重いものはNo.7で，最も軽いNo.2の2.2倍である。

しかし，No.2，No.4，No.6，No.9は完成品の場合內衣が付くため，防火衣B (531g/m²)，防火衣C (632g/m²)，防火衣D (586g/m²)，防火衣G (594g/m²)となる。

上記のように完成品として考えると，防火衣F (310g/m²)が最も軽く防火衣Cの約半分の重量である。

イ 見掛け比重

No.7は1.07と最も大きく，絶乾質量にもよく表われている。

ウ 水分量（水分率）

水分量(水分率)の大きいNo.4，No.5，No.6は織り方及び素材等によるものと思われる。

(2) 機械的強度試験

ア 引張り試験

外衣については，No.6のよこ方向を除き100kgf以上あった。No.2のたて方向については200kgf以上あった。

內衣については，外衣に比較して低い値であったが，No.10のたて方向については，たて方向の密度が高いため，高い値であった。

イ 伸び率

No.5は他のものと比較して大きく差がある

が，これは織り方及び素材等による違いが表われている。

ウ 引裂き強さ

No.2，9が高い値でNo.10を除けば大きな相違はなかった。

エ 破裂強さ

內衣はほぼ同じ値であったが，外衣のNo.7は低い値であったが，他は2～3倍の高い値を示した。

(3) 熱的性能試験

ア 炭化面積

外衣の中ではNo.2が，たて，よこ方向ともに低い値であった。また，No.1，4を除き他はほぼ同じ値であった。

內衣ではNo.3が低い値で次いでNo.5，10となり，外衣，內衣の中ではNo.10が最も高い値であった。

イ 炭化長さ

当然のことながら，前アの炭化面積と同様の傾向の値であった。

ウ 残炎時間，残じん時間

內衣，外衣ともに残炎，残じんとも無かった。

5 考 察

今回の試験に使用した試料は，試料No.10綿(內衣)を除いて基布に芳香族ポリアミド繊維を用いており，芳香族ポリアミド繊維100%のものからウール，カーボン繊維との混紡で表面にアルミニウム粉末ゴムコーティング，アルミニウム蒸着フィルム処理したものであり，さらにウール

系統にはザプロ加工，綿にはブローパン加工の難燃加工，このほか撥水，帯電防止等の加工が施されている。

次に外衣について，素材及び加工別に大別し，機械的性能試験及び熱的性能試験結果から考察する。

(1) 芳香族ポリアミド繊維100%（試料No.2）について

ア 機械的強度試験のうち，引張り強さ，引裂き強さは，最も良い値であった。

イ 機械的強度試験のうち破裂強さは，芳香族ポリアミド繊維100%に表面をアルミニウム粉末ゴムコーティングしたものに次いで二番目の値であった。

ウ 熱的性能試験は，最も良い値であった。

(2) 芳香族ポリアミド繊維100%に表面にアルミニウム粉末ゴムコーティングしたもの（試料No.1, 8, 9）について

ア 機械的強度試験について，引張り強さ，引裂き強さは，前(1)に次いで二番目の値であった。

イ 機械的強度試験のうち破裂強さは，最も良い値であった。

ウ 熱的性能試験は，前(1)に次いで二番目の値であった。

(3) ウールと芳香族ポリアミド繊維の混紡したものでザプロ加工したもの（試料No.4, 6）

について

ア 機械的強度試験のうち，引張り強さ，引裂き強さは，前(1), (2)に次いで三番目の値であった。

イ 機械的強度試験のうち破裂強さは，前(2), (1)に次いで三番目の値であった。

ウ 熱的性能試験は，前(1)に次いで二番目の値で(2)と次の(4)と同じ値であった。

(4) 炭素繊維と芳香族ポリアミド繊維の混紡したもので表面にアルミニウム粉末ゴムコーティングしたもの（試料No.7）について

ア 機械的強度試験のうち，引張り強さ，引裂き強さは，前(1), (2)に次いで三番目の値であった。

イ 機械的強度試験のうち破裂強さは，前(2), (1), (3)に次いで四番目の値であった。

ウ 熱的性能試験は，前(1), に次いで二番目の値で，前(2), (3)と同じであった。

6 おわりに

今回，防火衣服地の基本的性能試験を行ったが，引続きこれらの服地で制作された防火衣(形状としては，上下セパレート式及びコート式)で実際に着用して，放射熱による防火衣の通過温度及び運動による発汗量さらに機能性等を行う予定である。