

試作防火服地の性能試験について

Performance Tests of Cloth for a New Turnouts

國 本 由 人*
 眞 下 薫 雄**
 加 藤 尊 明***
 渡 邊 清****
 川 崎 修 治***

概 要

次世代の防火衣として、新型の防火衣を試作するため、この生地と現用の防火服地との比較性能試験を行った。

その結果は次のとおりである。

1. 防水性はアルミコーティングされたものが優れている。
2. 透湿性はアルミコーティングされたものは無いが、その他は加工方法に応じた透湿性が有る。
3. 耐摩耗性はアルミコーティングされたものが優れている。
4. 火炎防護性は試作防火服地が優れている。

In order to develop turnouts for next generation, performance tests were made to compare new cloth with the ones now in use.

The test results were as follows.

1. Alminized cloth would be superior to the others in waterproof performance.
2. While alminized textile materials would not have moisture permeability, the others would have it depending on their processing methods.
3. Alminized cloth would be superior to the others in abrasion resistance.
4. Proposed turnouts would be superior to the others in flameproof performance.

1. はじめに

防火衣については、熱的、機械的強度などの服地の性能面と動きやすさ、着心地などのデザイン面の両面から、十年以上にわたる研究が行なわれ、現在、試作防火衣として現地での試着の段階まで至っている。

今回、これまで実施してきた防火服地の性能試験において、未報告分の防熱性、透湿性等の4試験をとりまとめたので、ここに報告する。

2. 実験に使用した防火服地

実験に使用した防火服地は、試作防火衣用の服地構成、A（以後A材と呼ぶ）及びB（以後B材と呼ぶ）と現行の一般隊員用及び特救用の防火服地である。

なお、A材及びB材は、外衣用服地及び内衣用服地の2種類から構成されており、A材には外衣用（試料No.4）に、内衣用その1（試料No.5、6）とその2（試料No.3）が、B材には外衣用（試料No.7）に、内衣用その1（試料No.8）とその2（試料No.3）のそれぞれ2種類が用意されている。（表1参照）

*装備部装備工場 **防災部防災課
 第一研究室 *野方消防署

表1 防火服地一覧表

試料 No	防火衣の種類	生地 の種類	生地の特 性					
			組 成	織 り	処 理	厚 さ (mm)	重 量 (g/m ²)	色
1	一般隊員用防火衣	外衣	芳香族ポリアミド (メタ系100%)	平織り	片面にアルミ粉末入 ゴムコーティング	0.43	471	銀
2	特救隊員用防火衣	外衣	芳香族ポリアミド (メタ系100%)	綾織り	撥水加工	0.53	275	オレンジ
3		內衣	芳香族ポリアミド (メタ系100%)	平織り	片面にアルミ粉末入 ゴムコーティング	0.28	273	銀
4	試作防火衣用 A材 (內衣その1)	外衣	芳香族ポリアミド (パラ系10%・メタ系90%)	平織り	撥水加工	0.50	274	ゴールド
5		內衣	芳香族ポリアミド (メタ系100%)	平織り	多孔性PTFE*フィ ルムラミネート加工	0.25	105	生成
6		內衣	芳香族ポリアミド (メタ系100%)	ニット 織 り		0.93	242	生成
4	試作防火衣用 A材 (內衣その2)	外衣	芳香族ポリアミド (パラ系10%・メタ系90%)	平織り	撥水加工	0.50	274	ゴールド
3		內衣	芳香族ポリアミド (メタ系100%)	平織り	片面にアルミ粉末入 ゴムコーティング	0.28	273	銀
7	試作防火衣用 B材 (內衣その1)	外衣	ザブロウール (60%) 芳香族ポリアミド (メタ系40%)	カルゼ 織 り	撥水加工 (表) 透湿防水加工 (裏)	0.68	336	ゴールド
8		內衣	ザブロウール (75%) 芳香族ポリアミド (メタ系25%)	ニット 織 り	透湿防水加工	0.83	297	紺
7	試作防火衣用 B材 (內衣その2)	外衣	ザブロウール (60%) 芳香族ポリアミド (メタ系40%)	カルゼ 織 り	撥水加工 (表) 透湿防水加工 (裏)	0.68	336	ゴールド
3		內衣	芳香族ポリアミド (メタ系100%)	平織り	片面にアルミ粉末入 ゴムコーティング	0.28	273	銀

* PTFE：ポリテトラフルオエチレンの略

3. 測定項目

測定項目は、防水性、透湿性、耐摩耗性及び火

炎防護性について行った。測定方法については、日本工業規格（JIS）等に定める基準に準じて行った。（表2及び写真1参照）

表2 各種項目の測定方法等

測定項目	測定法	測定方法	測定機器	備考
透湿性	日本工業規格製品の透湿度試験方法（JIS-1099）のA-1法（塩化カルシウム法）	<p>温度$40 \pm 2^{\circ}\text{C}$、湿度$90 \pm 5\%$の空気が循環する状態の槽内に、透湿カップに取り付けた試験布を一定時間放置し、試験布を通過する水蒸気量を吸湿剤（塩化カルシウム）の増加質量から求め、その値より下記の算出式より透湿度を求める。</p> $P = \frac{10 \times m}{S}$ <p>P：透湿度（$\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$） m：増加質量（mg） S：透湿面積（$\text{cm}^2$）</p>	透湿試験装置	写真 1-1 参照
防水性	高水圧法	生地直接水圧をかけ、生地表面に水滴が表れた時点の水圧（maq）をもって耐水度とする。	高水圧型耐水度試験機	写真 1-2 参照
耐摩耗性	日本工業規格「一般織り試験」試験方法（jis-1096）摩耗強さ測定法のA（ユニバーサル形法）	直径約12cmの試験片を5枚採取し、これをゴム膜の上に載せ、研磨紙で多方向に摩擦し、試験片が破壊したときの回数を測り、5回の平均値で表す。	カスタム式織物摩耗試験機	写真 1-3 参照
火炎防護性	国際標準化機構（ISO）のDP9151に準じて測定*	<p>ガスバーナーで防火服地に$80\text{KW}/\text{m}^2$の熱流量で接炎し、上昇温度が24°Cになるまでの時間を測定する。参考として上昇温度が12°Cになるまでの時間も測定する。</p> <p>試験片は3片以上とする。</p>	火炎防護性測定機	写真 1-4 参照

* ISOの基準は現在策定中で、まだ確定はしていないが、一応現時点で決められている基準に準じて行った。



写真 1-1 透湿試験装置



写真 1-2 高水圧型耐水度試験機



写真 1-3 カスタム式織物摩耗試験機



写真 1-4 火災防護性測定機

4. 測定結果及び考察

(1) 防火服地の防水性について

防水性能については、アルミ粉末入りゴムコーティング加工（以後アルミコーティングと呼ぶ）が優れており、一般隊員用外衣の耐水度は25.9maq、特救隊員用內衣のそれは17.3maqであった。

アルミコーティングが強いのは、生地表面にゴム膜が張られている為、これが破れるまで防水性が保たれるからであり、一般隊員用外衣の方が特救隊員用內衣より防水性が高いのは、ゴム膜が厚い為と考えられる。

次に高いのは、A材用內衣その1に使用して

いる多孔性PTFEフィルムラミネート加工（以後多孔性フィルムと呼ぶ）の試料5で、耐水度は14.4maqであった。

なお、アルミコーティングの破れの場合は、針の穴のような小さなもので、そこから水滴が滲む程度であったが、多孔性フィルムが破れる場合は膜が破裂し、一部が剝離してしまった。

これに比べて、A材用外衣服地及びB材用內衣及び外衣服地は、耐水度が0.3～0.4maq程度と低い値であった。これは、A材用外衣服地及びB材用內衣及び外衣服地は、ゴムやフィルムで生地に膜を張っているわけではなく、薬品を塗布したもののためと考えられる。（表3参照）

表3 防火服地の耐水圧度試験結果

(maq)

試料 No	実験No 防火服の 生地種類	1	2	3	平均
		1	24.0	27.0	
2	2	0.3	0.2	0.2	0.2
3	3	18.7	14.3	19.0	17.3
4	4	0.4	0.4	0.4	0.4
5	5	14.0	15.1	14.2	14.4
6	6	0.4	0.4	0.4	0.4
7	7	0.3	0.3	0.3	0.3

(2) 防火衣の防水性について

A材（內衣その1）及びB材（內衣その1）について、防火服地1枚ごとではなく、生地を重ね合わせて防火衣と同様にした場合の耐水度試験を行った。

その結果は、A材（內衣その1）の耐水度は17.8maq、B材（內衣その1）のそれは0.8maq

であった。（表4参照）

(1)及び(2)から、防火衣としての防水性は一般隊員用防火衣が一番高く、一番低いのはB材（內衣その1）であり、その他の防火衣はほぼ同程度（17～18m a q前後）の防水性が有ることが分かる。

表4 防火服地の耐水圧度試験結果

(maq)

防火服の生地種類	実験No			
	1	2	3	平均
A材（內衣その1）	18.3	17.3	17.8	17.8
B材（內衣その1）	0.8	0.8	0.7	0.8

(3) 防火服地の透湿性について

透湿性能については、一般隊員用外衣及び特救隊員用內衣の透湿度はほぼ0g/m²・hであった。これは、ゴム膜は水蒸気を通さないため当然の結果と言える。特救隊員用外衣及びA材用外衣の透湿度は、共に約380g/m²・h程度と高い値であった。この2つは、生地の素材と厚さがほぼ同程度で、表面には同様の撥水加工がなされているため、透湿度がほぼ同様になったと考えられる。B材用外衣の透湿度は333g/m²・hで、前2者と比べ約1割程度透湿性が低かった。

これは、B材用外衣は表面に撥水加工されているのに加え、裏面に透湿防水加工がなされているためと考えられる。

次に低いのは、A材用內衣の透湿度で219g/m²・hであった。透湿性を有する生地で透湿度の一番低かったのはB材用內衣で180g/m²・hであった。B材用外衣でなにも加工されていないものの透湿度は475g/m²・hであるから、撥水又は透湿防水加工を施すことによってかなり透湿性が低下することが分かる。（表5参照）

表5 防火服地の透湿度試験結果

(mg)

試料No	防火服の生地種類	実験No				平均	透湿度(g/m ² ・h)
		1	2	3			
1	一般隊員用外衣	3	2	3	3	1	
2	特救隊員用外衣	1190	1100	950	1080	382	
3	特救隊員用內衣	6	7	6	6	2	
4	A材用外衣	1200	1030	980	1070	379	
5	A材用內衣	670	620	560	620	219	
7	B材用外衣	1000	940	890	940	333	
8	B材用內衣	520	520	480	510	180	
7	B材用外衣*	1530	1200	1150	1290	475	

*撥水加工及び透湿防水加工がなされていない生地

(4) 防火衣の透湿性について

A材（內衣その1）及びB材（內衣その1）について、防火服地1枚ごとではなく、生地を重ね合わせて防火衣と同様にした場合の透湿度試験を行った。その結果は、A材（內衣その1）の透湿度は173g/m²・h、B材（內衣その1）の

それは149g/m²・hであった。

アルミコーティングされた生地を使用した防火衣は、それだけで透湿性が無くなるため、それらと比較して当然の事ながら、透湿防水加工された生地を使用した防火衣のほうが透湿性は優れていることが分かる。（表6参照）

表6 防火服地の透湿度試験結果

防火服の生地種類	実験No.				平均	透湿度 (g/m ² ・h)
	1	2	3			
A材（內衣その1）	510	490	470	490	490	173
B材（內衣その1）	400	430	420	417	417	149

(5) 耐摩耗性について

耐摩耗性については、一般隊員用外衣が一番強く1278回、次にB材用外衣の655回で特救隊員用外衣とA材用外衣はほぼ同程度でそれぞれ411回と387回であった。

一般隊員用外衣はアルミコーティングされているため、これが他と比較して摩耗に強い原因

と考えられる。

特救隊員用外衣とA材用外衣は、生地の素材と厚さがほぼ同じであるため、似たような結果となったものと考えられる。

B材用外衣は前2者と比較し、生地の素材が厚く、織りが特殊なため、その分強くなっていると考えられる。（表7参照）

表7 防火服地の耐摩耗性試験結果

試料No.	防火服の生地種類	実験No.					平均
		1	2	3	4	5	
1	一般隊員用外衣	1242	1102	1426	1350	1270	1278
2	特救隊員用外衣	397	386	358	454	459	411
3	A材用外衣	384	368	381	393	407	387
7	B材用外衣	691	652	615	640	675	655

(6) 火炎防護性について

火炎防護性については、A材（內衣その1）及びB材（內衣その1）が一番高く、24°C上昇時間でそれぞれ12.7秒と12.5秒である。

ついでA材（內衣その2）及びB材（內衣その2）で、それぞれ8.3秒と8.6秒であった。現行の防火衣が一番低く、一般隊員用防火衣は5.0秒、特救隊員用防火衣は7.3秒であった。（表8参照）

火炎防護性を高めるには、生地自身の耐熱性を高めるのではなく、防火衣の生地を厚くし

たり多層構造にして、空気層を多くすることが考えられるが、今回の結果もそれを良く表しているといえる。

ISOの基準は、現在策定中であり最終的な決定はされていないが、現段階では、ガスバーナーで防火服地に80kw/m²の熱流量で接炎した場合の24°C上昇時間は13秒以上、12°C上昇時間は4秒以上となっており、今回の試験では、A材（內衣その1）及びB材（內衣その1）がほぼその基準に近かったが、他はかなり下まわった。

同基準では、試験片は24時間以上、温度が $20 \pm 2^\circ\text{C}$ 、湿度が $65 \pm 2\%$ の条件下に置かれたものを使用することとなっているが、今回の実験は湿度については、40%前後の条件であったため、上昇時間は少し下回った値で得られたのではないかと思われる。

なお、 $80\text{kw}/\text{m}^2$ という値は毛や厚手綿布に容易に着火する程の高熱で、火災で考えるなら、フラッシュオーバー時の値であり、普通火災で

は $1 \sim 8\text{kw}/\text{m}^2$ であることを考えると、かなり厳しい基準であるといえる。

これをクリアーするには、防火衣の生地を厚くしたり多層構造にして対処することが考えられるが、それによって防火衣の重量が増すとともに、日本のように高温多湿の夏期においては、隊員の労働負荷も現用防火衣以上に大きくなることも考えられる。

表8 防火衣の火炎防護性能試験結果

(秒)

試験No 防火衣の種類	1		2		3		平均	
	12°C	24°C	12°C	24°C	12°C	24°C	12°C	24°C
一般隊員用防火衣	3.5	5.5	3.0	4.4	3.3	5.0	3.3	5.0
特救隊員用防火衣	5.3	7.9	4.3	6.3	5.2	7.8	4.9	7.3
A材 (內衣その1)	8.3	12.6	8.5	12.7	8.4	12.7	8.4	12.7
A材 (內衣その2)	5.7	8.9	5.5	8.1	5.4	7.9	5.5	8.3
B材 (內衣その1)	8.0	12.6	7.6	12.2	8.4	12.8	8.0	12.5
B材 (內衣その2)	5.9	8.4	6.2	8.8	6.0	8.6	6.0	8.6

5. ま と め

今回の試験結果をまとめると

- (1) 防水性はアルミコーティングされたものが優れている。
- (2) 透湿性はアルミコーティングされたものには無いが、A材、B材には加工方法に応じた透湿性が有る。
- (3) 耐摩耗性はアルミコーティングされたものが優れているが、A材、B材の外衣服用生地も特救隊員用外衣服用生地と同程度又はそれ以上の性能を有する。
- (4) 火炎防護性は、A材及びB材は、現行の一般隊員用及び特救隊員用生地を上回っており、特にA材 (內衣その1) 及びB材 (內衣その1) が優れている。

今回の結果で、防水性と透湿性については、当然予想していたことではあるが、透湿性を出すためには防水性がある程度低下するのはやむをえない。しかし、消防活動上必要な防水性と

いうことで考えれば、現用防火衣よりある程度低下しても消防活動上支障無いと考えられる。

耐摩耗性についても、アルミコーティングの一般隊員用防火衣が一番強かったが、その他の生地の服地構成は多層構造になっており、內衣自身も芳香族ポリアミドを使用しているため、防火衣として考えれば耐摩耗性も十分にあると考えられる。

又、火炎防護性は、その地域の気候風土や消防戦術によっても考慮される必要があると思われる。

6. お わ り に

防火服地の性能については、それぞれの生地にはそれぞれの特徴がありトータルとしてはどれが一番優れているとは言い切れない。また、防火衣として考えた場合、熱的、機械的強度だけではなく、作業性、着心地、色、デザイン等も重要な要素として今後も考えていく必要がある。