

破損したガラス片が防火服地に及ぼす影響について

Study of the effect of broken glass to turnout-coats

小林 幹 男*

川崎 修 治*

鈴木 幸 之*

概 要

消防活動時のガラス等の破損が、防火衣及び執務服に及ぼす影響を調査するため、服地のガラスに対する耐切創性試験を実施した。

主な結果は、次のとおりである。

今回の試験に用いた服地が芳香族ポリアミド繊維であることから、ガラスに対する耐切創性については、服地の厚さ及び服地の層の増加に比例することが確認された。

In order to study the safety of firefighters in fire-fighting, we examined the turnout-coats and working clothes to know how much they can endure against the sharp edges of broken glass.

And we got results as follows.

The material of the turnout-coat and working clothes are mainly Aramide, so, the endurance against the sharp edges of the broken glass is in proportion to the thickness of cloth and the number of cloth layers.

1 はじめに

5000年前の昔から美術工芸品として珍重されたガラスは、現在では生活に欠くことの出来ない工業製品として、建築材料、板ガラス、ガラス食器、ガラスビン、あるいは光学ガラスの形でわれわれの周囲のいたるところで活用されている。しかしながら、これらが災害現場で破損した場合、活動する消防隊員にとって、鋭利なガラス片は、装備品の損傷、消防隊員の受傷の要因となる。

第一研究室では、この程、消防活動時における破損したガラス片が、防火服地及び執務服地に及ぼす影響を調査し、消防隊員の安全性に関する資料を得るため、耐ガラス切創試験を実施したので、その結果をここに報告する。

2 板ガラスの一般的な性質

板ガラスの一般的な性質は表1のとおり。

3 試験日時及び実施場所

平成7年11月13日(月)～11月15日(水)

消防科学研究所第一研究室個人装備実験室

*第一研究室

表1 板ガラスの一般的性質

屈 折 率	約1.52
反射率(垂直入射)	約4%(片面)
比 熱	0.2(0～50°C)
軟 化 温 度	720～730°C
熱 伝 導 率	0.68Kcal/mh°C
線 膨 張 率	9～10×10 ⁶ /°C(常温～350°C)
比 重	約2.5
硬 さ	約6.5度(モース硬さ)
ヤ ン グ 率	7.2～7.5×10 ⁵ kg/cm ²
表 面 抗 張 力	約500kg/cm ² (平均値)
耐 候 性	変化なし

4 試験実施要領

(1) 実施方法

先端角度を40度と60度に作製した厚さ5mmのガラス片を、引張試験機(島津オートグラフS-500-D)のクロスヘッドに取付け、このクロスヘッドを、10cm/分で降下させ、下方の試験片受台に取り付けた服地試験片をガラス片により切創させ、この時の服地にかかる荷重の変化を測定し、服地のガラスに対する耐切創性を確認した。(図1、図2、写真1、2、3参照)

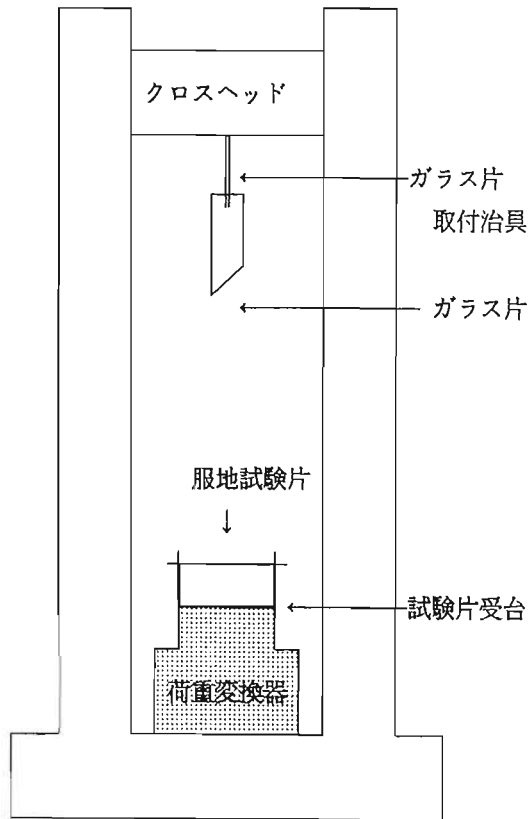


図1 耐切創試験取付図



写真1 引張試験機



写真2-1 試験片受台

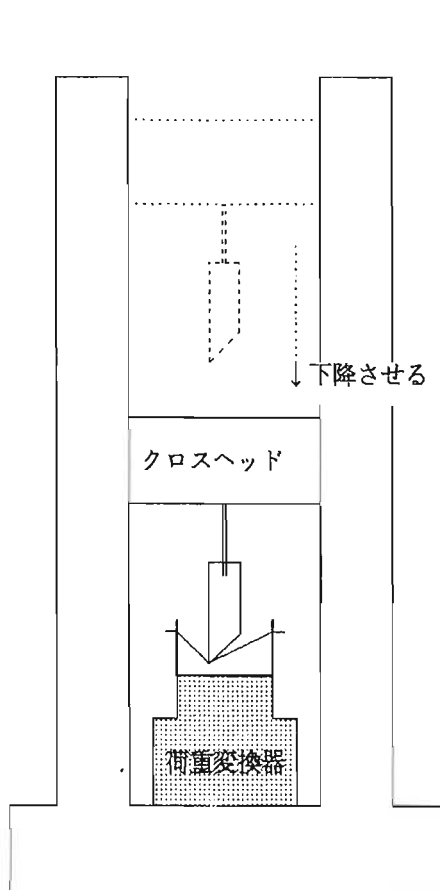


図2 耐切創試験実施要領図

①②③④の順で
組み立て4本の
ネジでとめる。

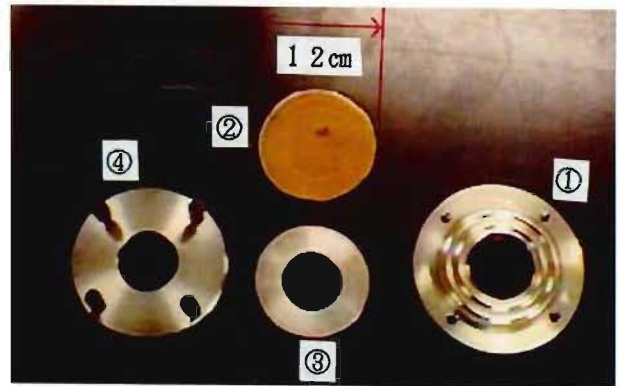


写真2-2 試験片台及び試験片の状況

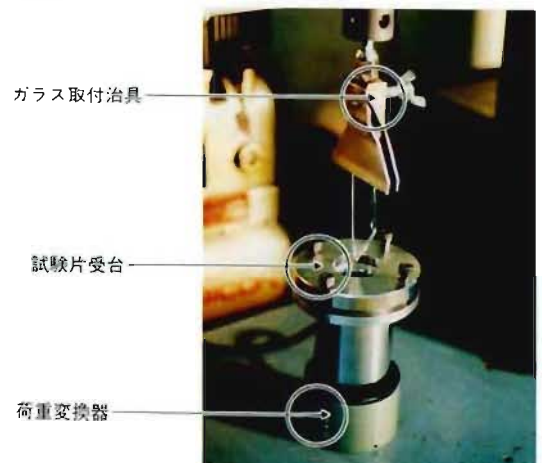


写真3 試験実施状況

(2) 服地試験及びガラス片等について

① 服地試験片

試験片の大きさは、試験片の受台の寸法に合わせて、直径12cmの円形とし、実施する服地及び組み合わせは次のとおりとした。

- 執務服地
- 現用防火服地
(以下「アルミックス服地」という)
- 新型防火服地 (三層構造)
(以下「新型服地」という)
- 執務服地+アルミックス服地
- 執務服地+新型服地

なお、試験を開始する前に、各服地の厚さについて測定したので、その結果を表2に示す。

測定にはダイヤルシクネスゲージ (株式会社テックロック社製) を用いた。(写真3参照)

表2 服地の厚さ測定結果

	服地の厚さ	
執務服地	0.4mm	
アルミックス服地	0.5mm	
新型服地	外衣	0.5mm
	內衣 (防水層)	0.2mm
	內衣 (断熱層)	0.9mm
	1.6mm	



写真4 各種服地の厚さの測定状況

(3) ガラス片

厚さ5mmのガラスをガラスカッターにより、先端角度40度及び60度の2種類のガラス片を5個ずつ作り試験に用いた。

なお、ガラス片にはA～Eの記号をそれぞれ付した。(写真5参照)

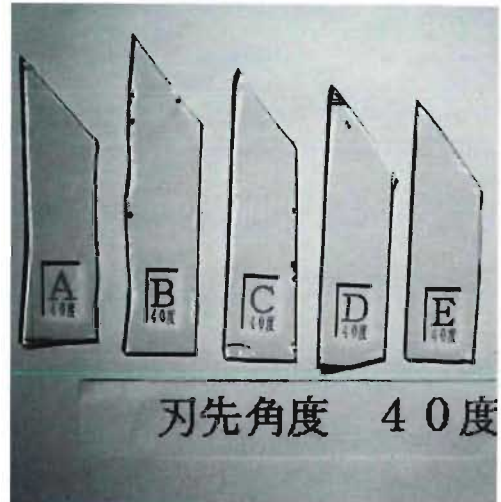


写真5-1 先端角度40度のガラス片

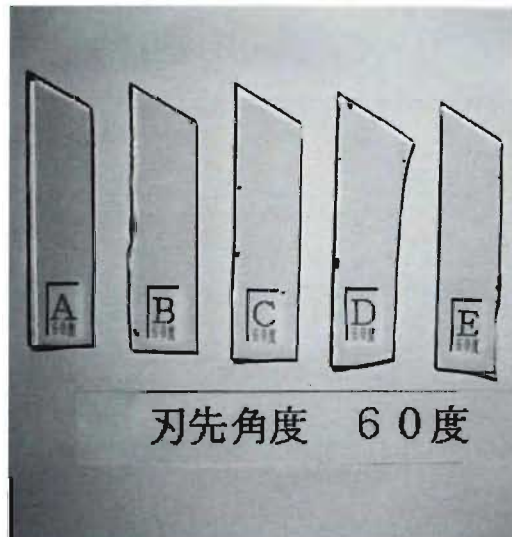


写真5-2 先端角度60度のガラス片

(4) 服地試験片とガラス片の組み合わせ

試験は、5種類の服地試験片と5個の試験用ガラス片を組み合わせを行ったが、1種類の試験片に試験未使用のガラス片の組み合わせが偏らないようにした。例えば、ガラス片Aを用いた試験は、執務服地、アルミックス服地、新型服地、執務服地+アルミックス服地、執務服地+新型服地の順序で行ったが、次のガラス片Bでは、アルミックス服地、新型服地、執務服地+アルミックス服地、執務服地+新型服地の順とし、ガラス片Aでは最初に行った執務服地の試験を最後に行った。

(表3参照)

表3 服地試験片とガラス片の組合せによる試験の順序

服地	ガラス片				
	A	B	C	D	E
執務服地	1	5	4	3	2
アルミックス服地	2	1	5	4	3
新型服地	3	2	1	5	4
アルミックス服地+執務服地	4	3	2	1	5
新型服地+執務服地	5	4	3	2	1

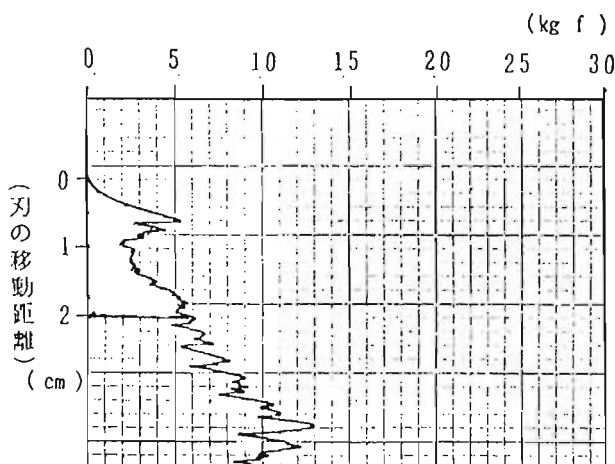
* 数字は、それぞれのガラス片における試験順序を示す。

5 試験結果について

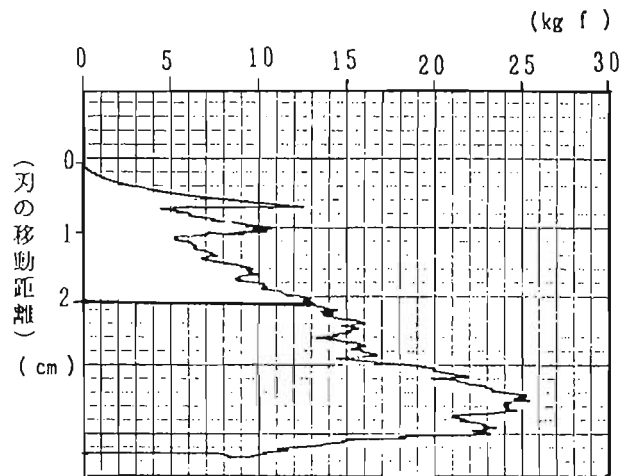
結果の状況については、先端角度40度を別図3に、先端角度60度を別図4にそれぞれ示す通りであるが、図の読み方については次の通りとした。

下の「図aアルミックス服地の試験結果例」をみると、グラフの縦軸は、ガラス片が服地に接触し、服地に荷重を与え始めた時点を中心とした0とし、その位置からガラス片がどの位降下したかを示すものである。なお、ガラス片の降下速度及びチャート紙の記録速度は、10cm/分に設定した。

横軸は、ガラス片の力が服地にかかる荷重を示すもので、服地からみればガラスの押す荷重に対する服地の反発力を示す。従って記録した値が横軸に対して大きい程、服地はガラスに対して切れにくいことを示している。



図a アルミックス服地の実施結果例



図b 新型服地の実施結果例

アルミックス服地の実施結果例をみると、最初のピークはガラスが約5mm降下した時点で、5.2kgfの荷重を受けガラスの先端部分によって、最初の切創があったことを示す。

これに対して、「図b新型服地の実験結果例」を見ると、新型服地は同じく約5mm降下した時点で12.6kgfの荷重により最初の切創があり、新型服地がアルミックスよりも耐切創性に優れているを示している。

なお、多層構造の新型服地の場合、この時点での層までガラス片が切創したかについては不明である。

その後、アルミックス及び新型服地とも、服地の反発力は増減を繰り返しながら上昇しているが、これは服地に接触するガラス法面の凹凸の状況によるものであり、さらに服地の切創部分の広がりに対する服地の反発力も大きくなっていることを示している。

なお、以後の結果及び考察については、耐切創性のガラス片が2cm降下する間の服地の反発力の総和すなわち、図の白い部分の面積(以後、単位については、「kgf・2cm」と表す)について比較検討を行うものとする。

この場合、面積が大きい程ガラスに対し、耐切創性が高いことを示している。

面積は、パソコン処理により算出し、少数点2位以下は切捨てとした。

(1) ガラス片角度40度の場合

先端角度40度の場合の試験結果については、ガラス片Aを用いた結果のみを別図3に示す。

また、ガラス片が2cm降下する際の服地の反発力の総和の結果は表4のとおり。

表4 ガラス片（先端角度40度）に対する各種服地の反発力の総和（単位：kgf・2cm）

服地の種類	ガラス片					平均
	A	B	C	D	E	
執務服地	2.6	5.8	3.6	12.3	2.4	5.3
アルミックス服地	3.2	6.1	4.5	11.1	2.7	5.5
新型服地	6.1	15.0	10.2	30.4	7.9	13.9
アルミックス服地+執務服地	3.8	10.7	8.8	17.4	5.5	9.2
新型服地+執務服地	7.2	17.4	16.0	34.7	7.2	16.5

（小数点2位以下切り捨て）

(2) ガラス片角度60度の場合

先端角度60度の場合の試験結果については、ガラス片Aを用いた結果のみを別図4に示す。

また、ガラス片が2cm降下する際の服地の反発力の総和の結果は表5のとおり。

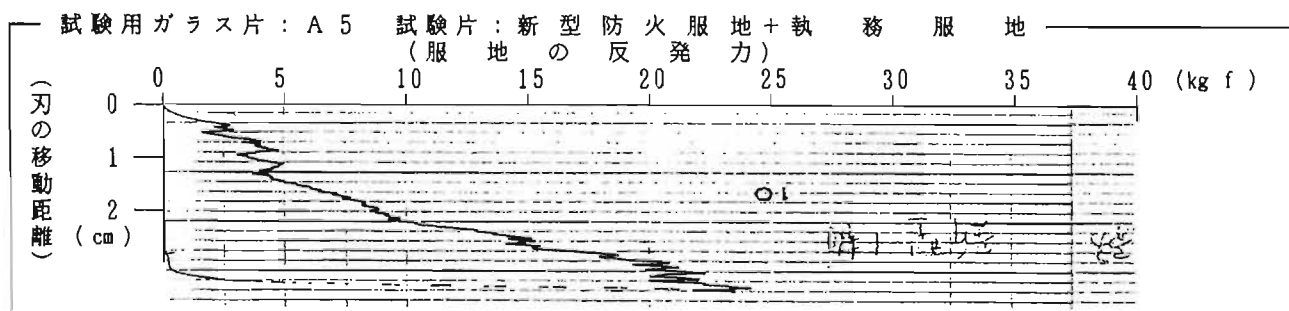
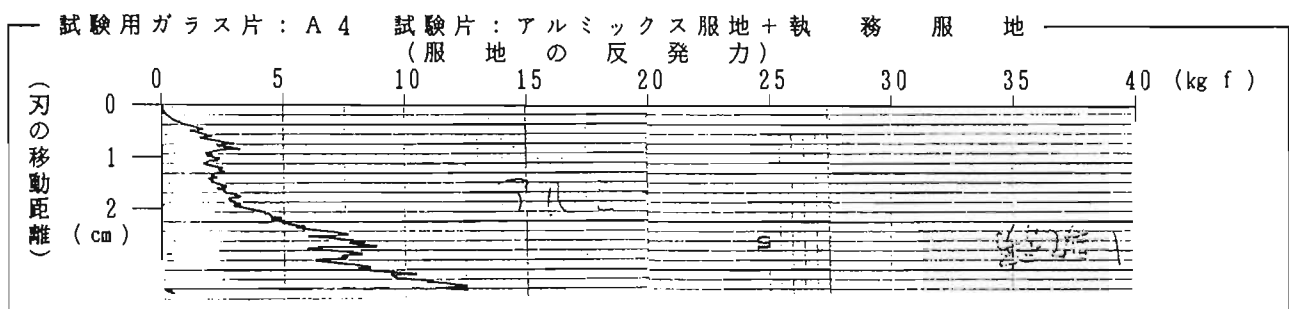
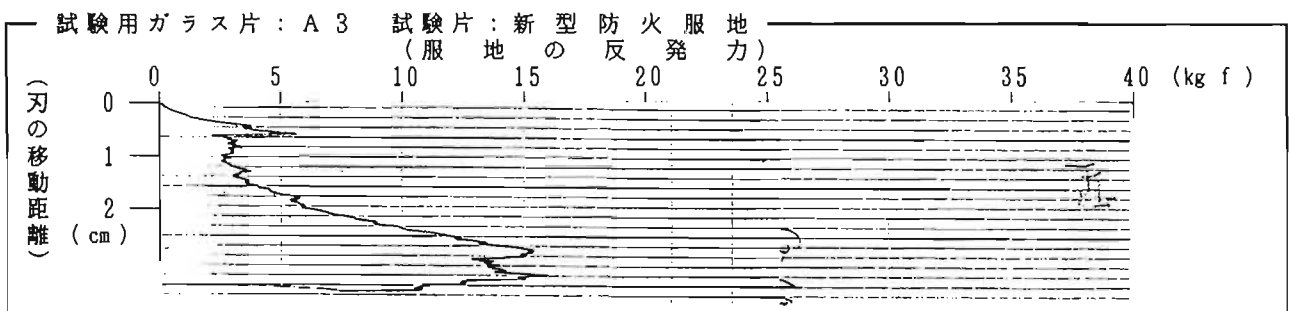
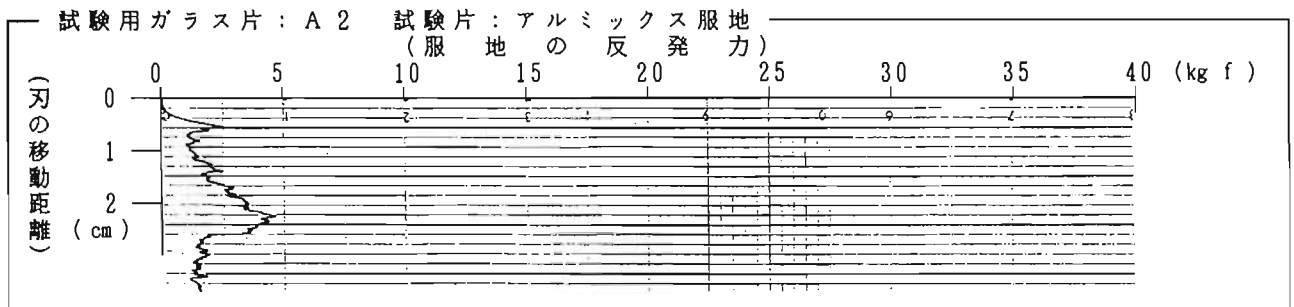
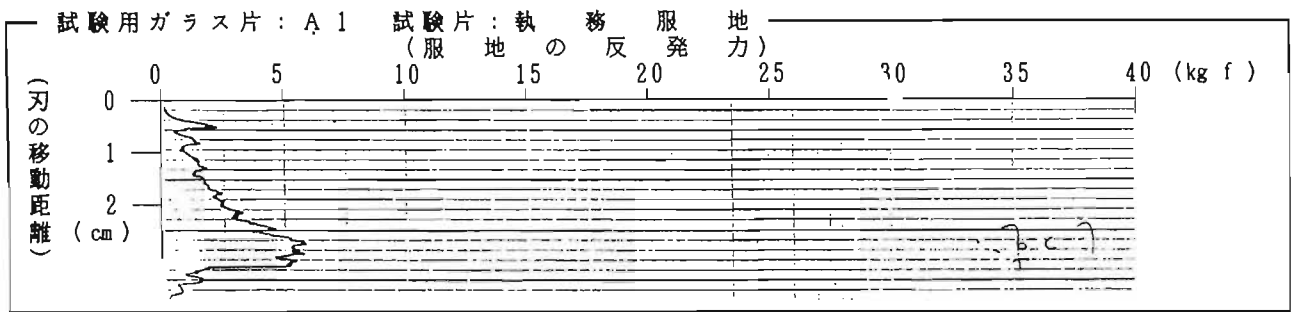
表5 ガラス片（先端角度60度）に対する各種服地の反発力の総和（単位：kgf・2cm）

服地の種類	ガラス片					平均
	A	B	C	D	E	
執務服地	8.2	6.0	7.0	7.9	7.1	7.2
アルミックス服地	10.4	10.7	10.4	9.2	9.9	10.1
新型服地	35.4	31.6	19.9	23.8	29.3	28.0
アルミックス服地+執務服地	21.6	18.6	14.5	17.2	16.6	17.7
新型服地+執務服地	40.8	32.3	25.9	32.4	28.8	32.0

（小数点2位以下切り捨て）

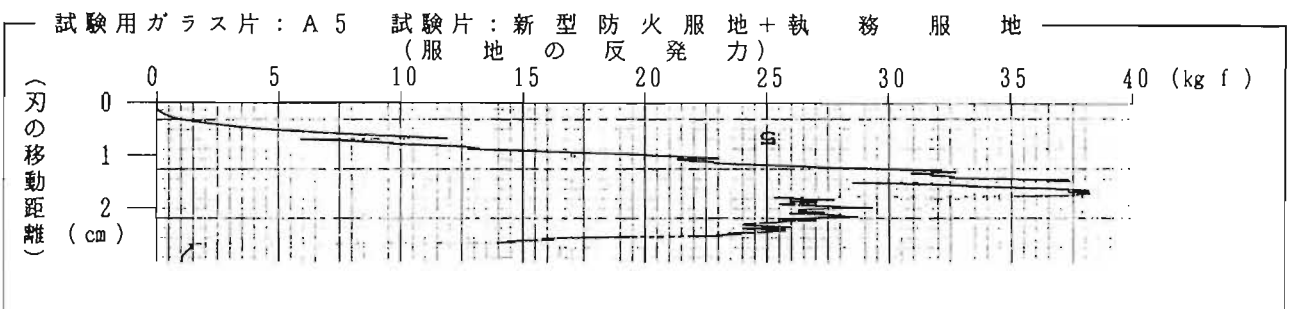
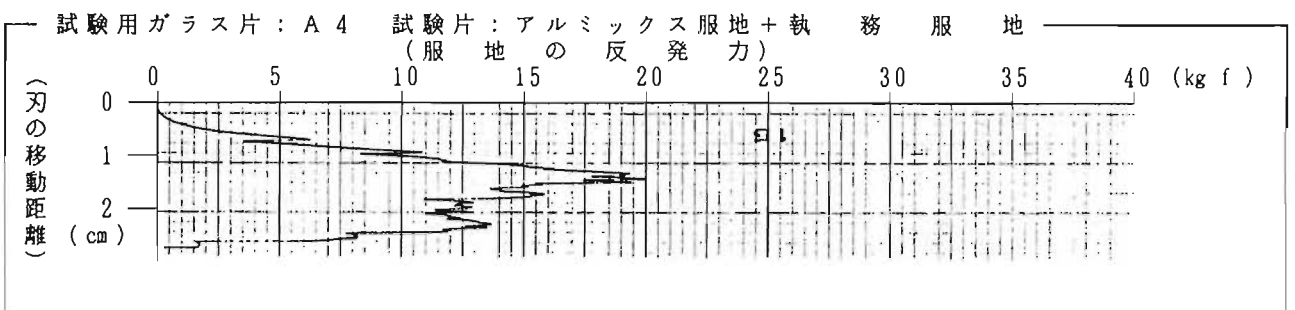
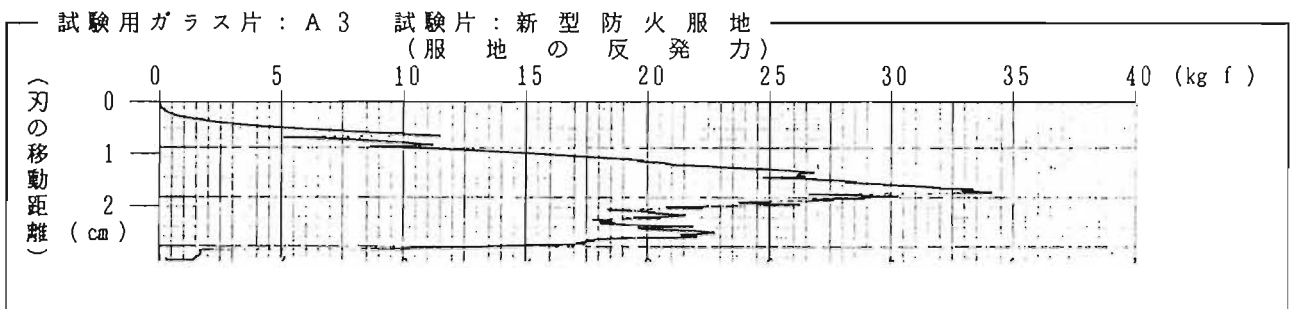
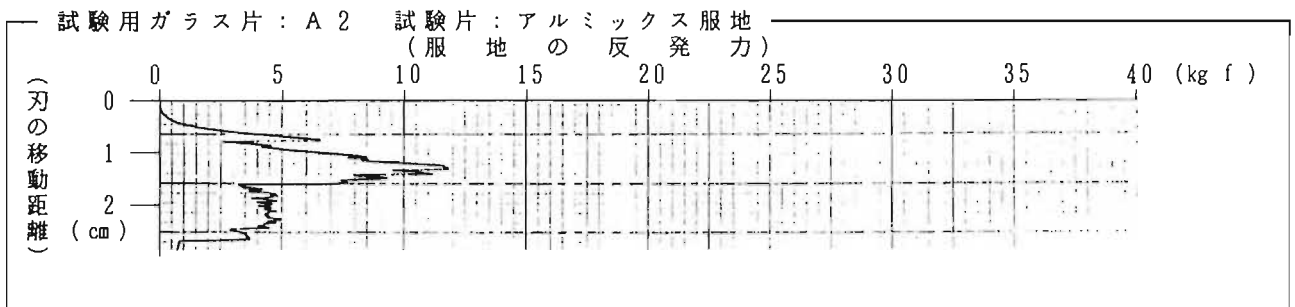
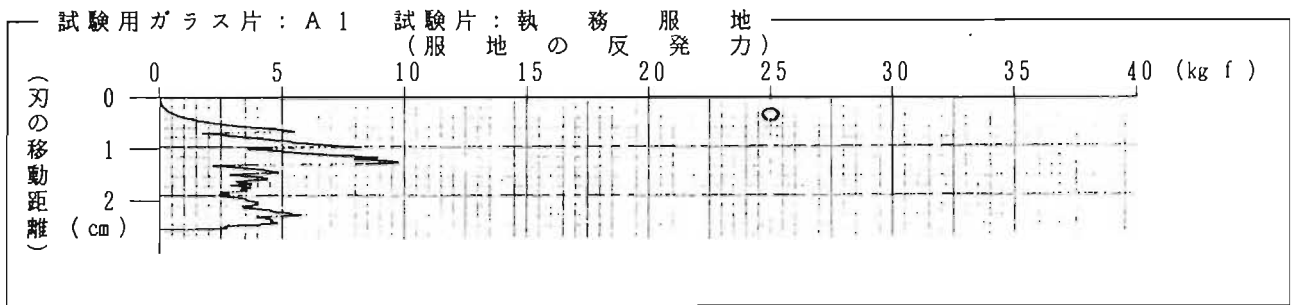
別図3 ガラス片に対する耐切性強度

(試験用ガラス片角度：40度 ガラス片：A)



別図4 ガラス片に対する耐切性強度

(試験用ガラス片角度: 60度 ガラス片: A)



今回の耐切創性試験では、40度及び60度のガラス片を用いて実施したものである。

しかし、いずれのガラス片においても全く同一のものを作製することが不可能であることに加え、試験中、繰り返し使用によりガラス片の法面の一部が欠損することもあり得ることから、各種服地における耐切創性に関し平均化を図るため、ガラス片ごとに、服地に対する試験の順序をそれぞれ変えて実施した。

考察についてはガラス片が2cm降下する際の服地の反発力の総和 ($\text{kgf} \cdot 2\text{cm}$) を服地ごとの平均値に基づき実施する。

(1) アルミックス服地と新型服地との比較

試験用ガラス片の先端角度40度における耐切創性については、アルミックス服地が $5.5\text{kgf} \cdot 2\text{cm}$ であるのに対し、新型服地では、 $13.9\text{kgf} \cdot 2\text{cm}$ と約2.5倍の開きがあり、また、60度においてもアルミックス服地が、 $10.1\text{kgf} \cdot 2\text{cm}$ 、新型服地は、 $28.0\text{kgf} \cdot 2\text{cm}$ と約2.8倍の開きを示した。これは、新型服地の外衣にパラ系芳香族ポリアミド繊維が含まれていることによる素材の違い、さらに服地の厚さの違いが大きく影響している。

(2) アルミックス服地及び新型服地のそれぞれに執務服地を重ねた場合の比較

試験用ガラス片の先端角度40度におけるアルミックス服地 (厚さ0.5mm) に執務服地 (厚さ0.4mm) を重ねた場合の耐切創性については、 $5.5\text{kgf} \cdot 2\text{cm}$ から $9.2\text{kgf} \cdot 2\text{cm}$ に上昇し、新型服地 (厚さ1.6mm) でも、 $13.9\text{kgf} \cdot 2\text{cm}$ から $16.5\text{kgf} \cdot 2\text{cm}$ に上昇している。

また、先端角度60度においても、執務服地を重ねることでアルミックス服地は、 $10.1\text{kgf} \cdot 2\text{cm}$ から $17.7\text{kgf} \cdot 2\text{cm}$ 、新型服地は、 $28.0\text{kgf} \cdot 2\text{cm}$ から $32.0\text{kgf} \cdot 2\text{cm}$ に耐切創性が向上している。

これらのことは、各種防火服地に執務服地を重ねることで、服地の厚さが増加した相等分だけ、耐切創性効果が向上したことを示している。

平成6年に当研究所で開発した新型防火衣は、外衣一層、內衣二層の三層構造とし、服地自体の厚さを増加するとともに、外衣にパラ系芳香族ポリアミドを10%混紡し、耐切創性の向上を図ったものであり、今回のガラス片を用いた試験でもこのことが検証された結果となった。

また、執務服地を重ねることにより、ガラス片に対する耐切創性が相加的に向上した結果となっており、これらに起因する事故防止の点からも、災害出場時、防火衣の下に、執務服や夏服を着用することの重要性が確認されたものである。本研究は、災害出場の防火着装に関し、安全管理10則に掲げてある「安全の確保の第一歩は、防火衣着装に始まる。完全な着装に常に心掛けよ。」をあらためて証左するものであり、今後、これらの結果を安全意識の高揚に係る資料として活用を図るものである。

8 参考文献

- 1 「ガラスハンドブック」 作花済夫 他2名編集 (朝倉出版 昭和54年)
- 2 「新型防火衣の開発について」 (東京消防庁消防科学研究所報第31号 1994年)
- 3 「消防活動と窓ガラスに関する研究—板ガラスの破壊と飛散範囲に関する実験結果—」 (東京消防庁消防科学研究所 昭和55年)
- 4 「近代消防戦術 第5編 安全管理」 (東京消防庁警防部篇)