

現用防火衣と試作防火衣の比較実験について

Experiment on the comparison between turnout-coat now and experimental turnout-coat.

國 本 由 人*
 小 林 秀 俊*
 高 楯 勇*
 宇 田 川 英 雄**

Turnout-coat is an important equipment in order to do the fire-fighting activities satisfactorily under the many different circumstances.

- And it need to be
- 1) Easy to move and functional.
 - 2) Safety from the fire and the emissionheat.
 - 3) Light weight.

We used to a new cloth and tested its mechanical strength.

So this time, we made a experimental turnout-coat and experimented to know the thermal and humid characteristic of it on condition after a training or receiving heat with putting on it.

1. はじめに

防火衣は、消防隊員が様々な状況下において、十分な消防活動を行うために、重要な装備品であり、活動性が良く機能的であること、放射熱や炎に対する保護が十分であること、及び軽量であり温・湿度性能が良いこと等が必要であると思われる。

これまでに、防火衣の生地について機械的強度、熱的性能等の研究は報告されている。今回は、これにもとづいて試作した防火衣を着装して、防火衣内の温・湿度等について、他の防火衣との比較実験を行った。

2. 目 的

現在、消防隊員が着用しているアルミックス防火衣及び特救用防火衣等と今回試作した防火衣について、着装時における一定の運動をした場合及び放射熱に対する温・湿度性能等の差を把握するために、比較実験を行った。

3. 経 緯

今回の報告に至るまでに、防火衣に適した生地を見出すために、各種の生地を用いて、機械的強

度、熱的性能及び洗濯性等の試験を実施し、その結果から、芳香族ポリアミド50%とウール50%混紡の生地により新しく防火衣を試作した。

なお、結果については次のとおりである。

表 1 試験布の種類

No.	試験試料	混用率 (%)	糸 使 い		備 考
			経	緯	
1	サージ	W 75 APA 25	W 50 APA 50 2/52	W 100 2/36	
2	ハイサージ	W 60 APA 40	W 60 APA 40 2/52	W 60 APA 40 2/52	
3	ハイサージ	W 50 APA 50	W 50 APA 50 2/52	W 50 APA 50 2/52	
4	トロピカル	W 50 APA 50	W 50 APA 50 2/52	W 50 APA 50 2/52	夏服用生地
*1	カルゼ	W 50 APA 50	W 50 APA 50 2/52	W 50 APA 50 2/52	
6	サージ	W 25 APA 75	APA 100 30/2	W 100 APA 50 2/52	
*2	現 用	APA 100	APA 100 30/2	APA 100 30/2	アルミックス 人毛リボン ムコーデ イレーダ

W-WOOL APA-AROMATIC POLYAMIDE
 (ウール) (芳香族ポリアミド繊維)

- *1 No.5: 試作防火衣の生地
 *2 No.7: アルミックス防火衣の生地

*第一研究室 **金町消防署

(1) 機械的強度試験

ア 引張試験

日本工業規格（以下「JIS 規格」という。）に準じ、インストロン型万能試験機を用いて、試験布それぞれのたて方向、よこ方向について各3回行い、その測定値の平均値を求めた。

イ 引裂試験

JIS 規格に準じ、インストロン型万能試験機とエレメンドルフ型の引裂試験機を用いて、アの引張試験と同様に、平均値を求めた。

ウ 破裂試験

JIS 規格に準じ、インストロン型万能試験機を用いて、図1に示すように、押棒が試験

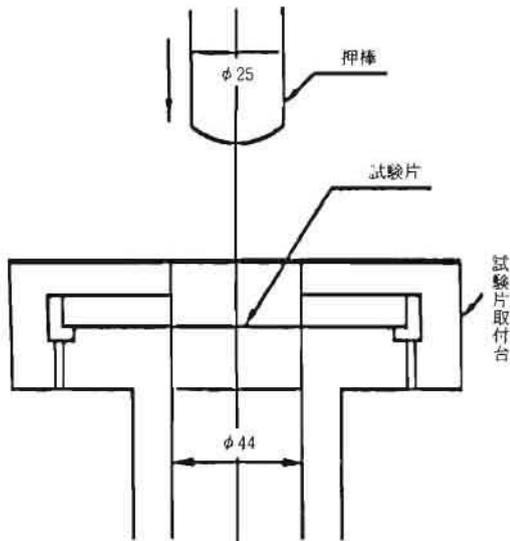


図1 破裂試験(インストロン型)

表2 機械的強度

試験内容 試験片	引張試験	引裂試験 (インストロン形)	引裂試験 (エレメンドルフ形)	破裂試験
No 1 サージ	76.92	5.66	2.87	74.24
No 2 ハイサージ	104.4	6.28	4.64	107
No 3 ハイサージ	112.6	7.83	5.48	113.2
No 4 トロピカル	80.14	4.13	4.36	87.9
No 5 カルゼ	135.83	7.8	裂けず	135.5
No 6 サージ	135.89	8.87	5.9	139
No 7 現用	138.43	5.21	3.84	160.7

布を突き破る時の強さを測定し、平均値を求めた。

以上、試験結果は表2に示すとおりで、引張試験と破裂試験はアルミックス防火衣が優れており、引裂試験では逆に試作防火衣が優れていた。

(2) 熱的性能試験

ア 燃焼試験 (45度マイクロバーナー法)

JIS 規格に準じ、燃焼試験箱(図2)を用い、試験布を調整済みの燃焼試験箱に取り付けて1分間加熱し、残炎時間、残じん時間を測定した。

イ 防熱性試験

JIS 規格に設定されている「火災試験法」により、試験布を水平にセットし、下方よりガ

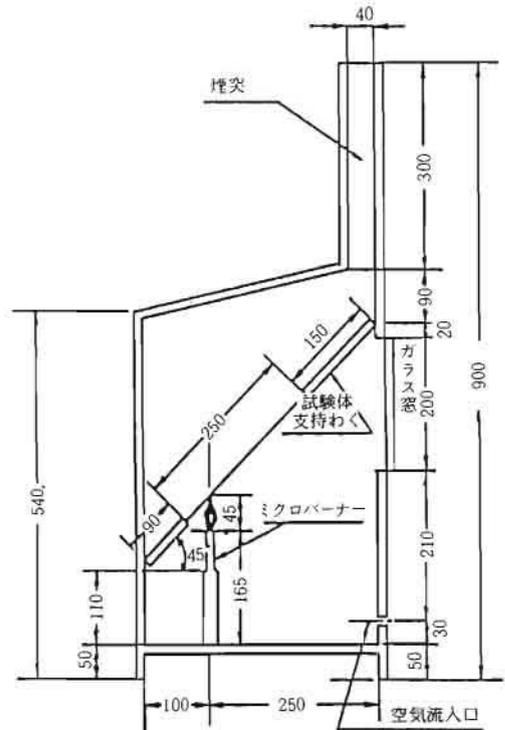


図2 燃焼試験

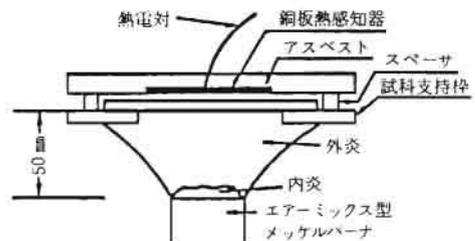


図3 防熱性試験

ス爆発の瞬間的に炎上した場合に相当する熱量 $2.0\text{cal}/\text{cm}^2\text{sec}$ のバーナー炎(1000°C)を接炎し、試験布の裏面の温度上昇を時間経過に伴い測定した。

ウ 残留熱試験

防熱性試験の装置を使用して、防熱性試験で得られた第一度火傷(痛み)曲線に達する時間だけ接炎した後、バーナー炎を除去し、その後の温度上昇変化を測定した。

以上、燃焼試験の場合、試験布表面の炭化面積を比較すると、試作防火衣の生地は小さく、アルミックス防火衣の生地は大きかった。

写真1、2に示すように、接炎した生地表面は、アルミックス防火衣の場合、芳香族ポリアミド繊維を基布とし、表面にアルミニウム粉末入りゴムコーティングを施しているため、着火が速く燃え広がり、火炎を離しても燃焼が持続し、裏面の基布は焦げていた。

ウール50%、芳香族ポリアミド50%の試作防火衣の生地の場合、炎があたった所は燃焼するが、炎を離すと炭化層が形成され燃焼が止まった。

防熱性試験では、図4に示すようにアルミックス防火衣が、第一度、第二度火傷曲線(Stoll-chiantaの実験式から導かれた皮膚反応曲線で、第一度曲線は痛みを、第二度曲線は水泡のできるやけどをそれぞれ表わしている。)に至るまでの時間が試作防火衣の生地に比べ長く、防熱性は、アルミックス防火衣の生地が優っていた。

残留熱試験では、短時間(3秒)の接炎に対し、図5に示すようにピーク値は試作防火衣の生地が高いが、残留熱に関しては良かった。

(3) 洗濯試験

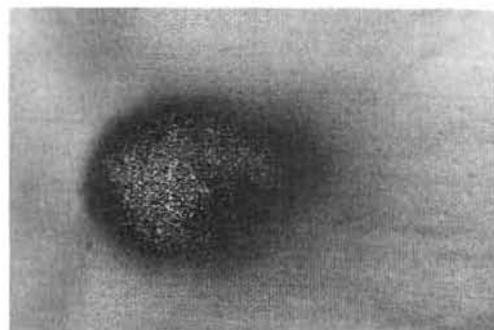
JIS規格による洗濯試験により、洗濯機で繰り返し洗濯5回、10回、15回、20回後の試験布の外観、収縮の状況を調べた。

結果は表3、4に示すとおりで、表3の洗濯収縮は生地の経、緯の収縮状態を率で表わし、表4の外観試験は、状態を1から5までの等級に分類した。

洗濯収縮、外観を通して良好であったのは、No3のハイサージ(ウール50%、芳香族ポリア



(表 面)

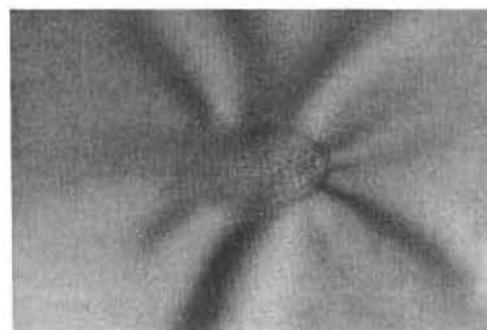


(裏 面)

写真1 アルミックス防火衣の燃焼状況



(表 面)



(裏 面)

写真2 試作防火衣の燃焼状況

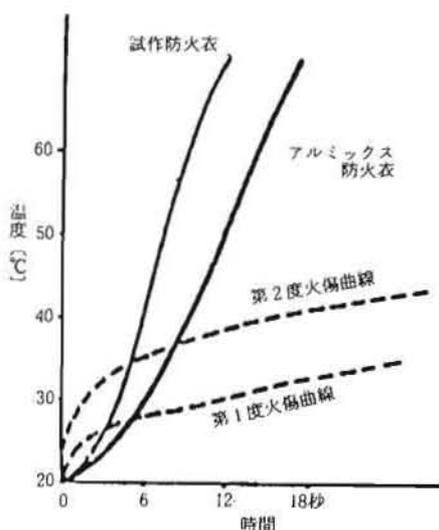


図4 防熱性試験

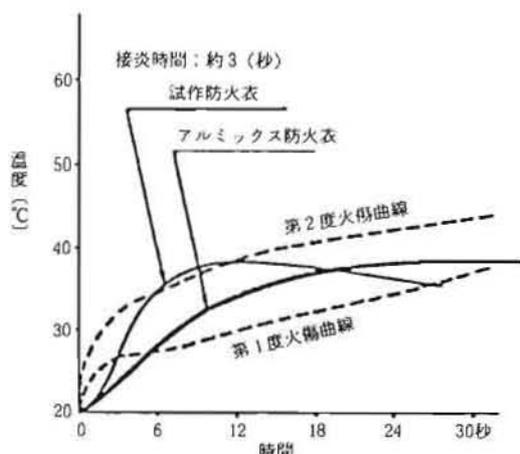


図5 残留熱試験

ミド50%), No 5のカルゼ(ウール50%, 芳香族ポリアミド50%)とNo 6のサージ(ウール25%, 芳香族ポリアミド75%)の3種類であった。

以上の試験結果を基にして、No 5カルゼのザプロ加工及びはっ水・はっ油加工を施した生地を使用して、上衣と下衣(ズボン)からなるセパレート式防火衣を試作した。

4. 試料

今回の着装実験について使用した防火衣は次の4種類である。

(1) アルミックス防火衣(写真3参照)

東京消防庁で現在使用しているアルミックス防火衣で、芳香族ポリアミド繊維の生地にアル

ミニウム粉末入りゴムを表面にコーティングしてあり、外とう式である。

(2) 試作防火衣(写真4参照)

ウール繊維の性能をあまり損なわない程度の混紡(ウール50%, 芳香族ポリアミド50%)で、試作したセパレート型の防火衣である。

(3) 特救用防火衣(写真5参照)

外とう式防火衣で、外衣(表側)は、芳香族ポリアミドを、內衣(裏側)には、防水性を主体に透湿加工をしたものを使用している。

(4) 西ドイツ防火衣(写真6参照)

ウール100%で、上衣とズボン(胸あて式)のセパレート型の防火衣である。

表3 洗濯収縮(%)

試験片	回数		5回		10回		15回		20回	
	経	緯	経	緯	経	緯	経	緯	経	緯
No 1 サージ	2.8	-2.0	3.0	-1.0	3.3	0.5	4.3	0		
No 2 ハイサージ	2.5	0	2.5	0.5	3.5	1.0	3.5	0.8		
No 3 ハイサージ	1.0	0	1.0	0	1.5	0.3	1.3	0		
No 4 トロピカル	2.0	0	1.5	0.3	2.3	0.8	2.0	0.3		
No 5 カルゼ	2.0	0	2.3	0	3.0	0.5	2.8	0		
No 6 サージ	0.5	0	0.5	0.3	0.8	0.5	1.0	0		

表4 外観試験(級)

試験片	回数			
	5回	10回	15回	20回
No 1 サージ	5	4	3~4	3
No 2 ハイサージ	5	5	4~5	4~5
No 3 ハイサージ	5	5	5	5
No 4 トロピカル	5	5	5	5
No 5 カルゼ	5	5	5	5
No 6 サージ	5	5	5	5

表5 実験防火衣の生地試料

	混用率	糸 使 い		備 考
		経	緯	
アルミックス防火衣	芳香族 ポリアミド 100%	同 左 30/2	同 左 30/2	アルミニウム粉末入り ゴムコーティング
特救用防火衣	外衣 芳香族 ポリアミド 100%	同 左 20/2	同 左 20/2	はっ水加工
	內衣 ナイロンツイル (片面にウレタンフ イルム加工)	—	—	—
西ドイツ防火衣 (上・下)	ウール 100%	同 左 52/2	同 左 52/2	ザプロ加工 はっ水、はっ油加工
試作防火衣(上・下)	ウール 50% 芳香族 ポリアミド 50%	同 左 52/2	同 左 52/2	同 上

表6 実験時の装備

アルミックス防火衣	特救用防火衣	西ドイツ防火衣	試作防火衣
現用執務服(上)	同 左	同 左	同 左
〃(バンド付)(下)	同 左	—	—
防火帽 (フード、しころ付)	同 左	西ドイツ用防火帽	特救用保安帽
アルミックス防火衣 (安全帯付)	特救用防火衣 (安全帯付)	西ドイツ用防火衣 (専用ズボン付)	試作防火衣 (専用ズボン及び執務服 用バンド)(安全帯付)
ひざカバー付ゴム長靴	編み上げ作業靴	西ドイツ半長靴	(市販)半長靴
靴 下	同 左	同 左	同 左
下 着	同 左	同 左	同 左
軍 手	同 左	同 左	同 左

5. 内 容

(1) 着装実験1 (運動負荷に対する防火衣内の温・湿度性能)

同一の運動負荷を被験者にかけて、防火衣内側の温度と湿度を連続測定した。その他、被験者の発汗量、舌下温度、血圧及び心拍数等について運動負荷の前後で測定した。

ここでいう運動負荷とは、試料(1)から(4)までの防火衣を順次装着して、東京消防庁消防科学研究所の建物で、1階から6階までを駆け足で所要時間約3分間で2往復することである。

(2) 着装実験2 (放射熱に対する防火衣内の温・湿度性能) (写真7参照)

試料(1)から(4)までの各種防火衣を順次装着し、

放射熱試験用のシュバンクバーナーの前方2mの位置で2300Kcal/m²hの熱量を受熱した時の、防火衣内の温度及び湿度を測定した。

受熱時間は被験者が耐えられる時間(2~4分間)とした。

6. 結 果

(1) 運動負荷に対する防火衣内の温・湿度性能及び発汗量

ア 温度について

図6、7に示すように、各種防火衣ともに大きな差はなかった。しかし、試作防火衣は、運動すると、温度が下がる結果がでた。

イ 絶対湿度について

図8、9に示すように、運動後は、試作防



写真3 アルミックス防火衣



写真5 特救用防火衣



写真4 試作防火衣



写真6 西ドイツ防火衣

防火衣が低い値となった。

ウ 発汗量について

被験者A, Bの個人差もあるが、傾向として、アルミックス防火衣は他の防火衣に比べ、

約2倍の値であった。

(2) 放射熱に対する防火衣内の温・湿度性能

ア 温度について

実験開始一定時間後における温度を比較す



写真7 着装実験 (放射熱)

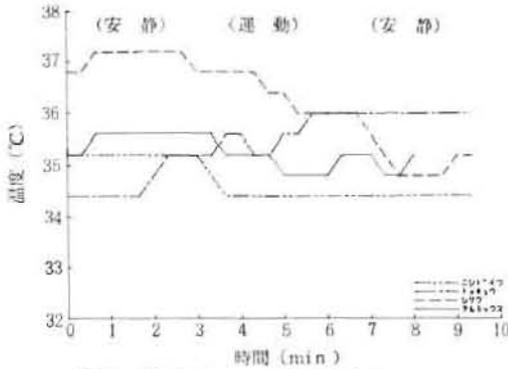


図6 防火衣内の温度 (被験者A)

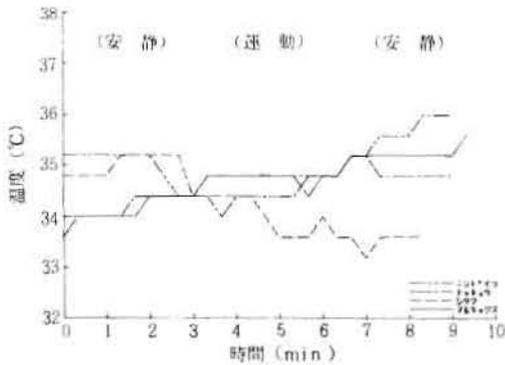


図7 防火衣内の湿度 (被験者B)

ると、被験者Cの場合、3分後では、西ドイツ、特救用、アルミックス及び試作防火衣の

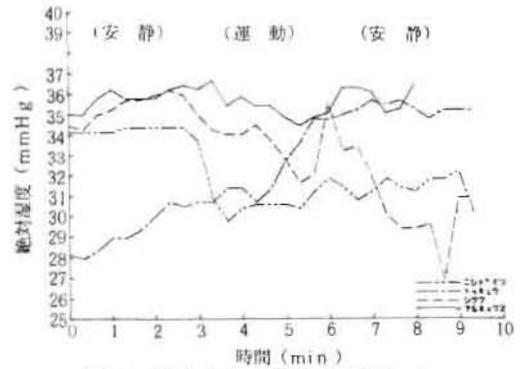


図8 防火衣内の湿度 (被験者A)

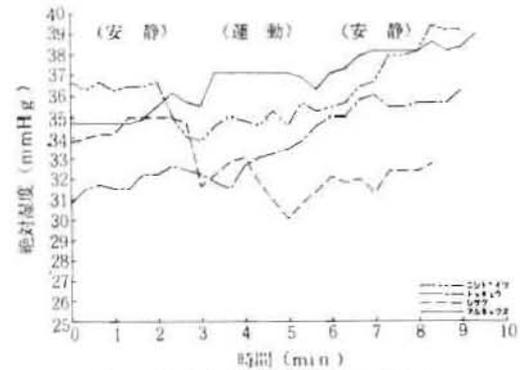


図9 防火衣内の湿度 (被験者B)

順で高かった。

この時、アルミックス防火衣の温度は66°Cであり、試作防火衣も66.0°Cであった。なお、西ドイツ防火衣はフルスケール100°Cを越えた。

被験者Dは、3分40秒の時、試作、特救用西ドイツ及びアルミックスの順で高かった。

この時、アルミックス防火衣は76.8°C、試作防火衣は87.6°C、西ドイツ防火衣は77.2°Cであった。

イ 絶対湿度について

実験開始一定時間後における絶対湿度の値

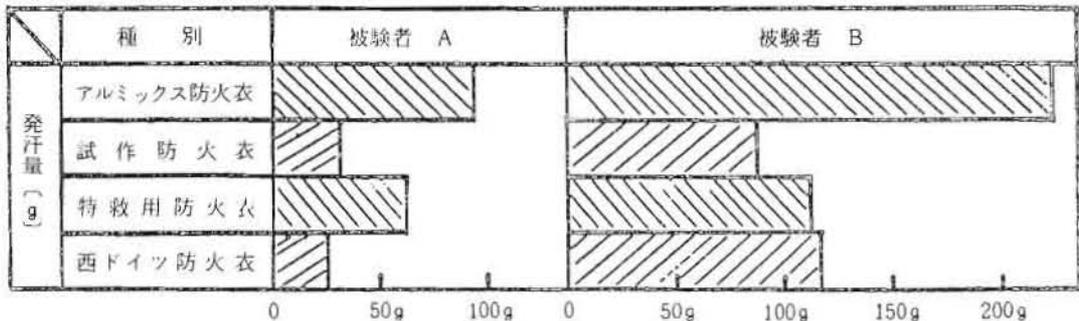


図10 発汗量

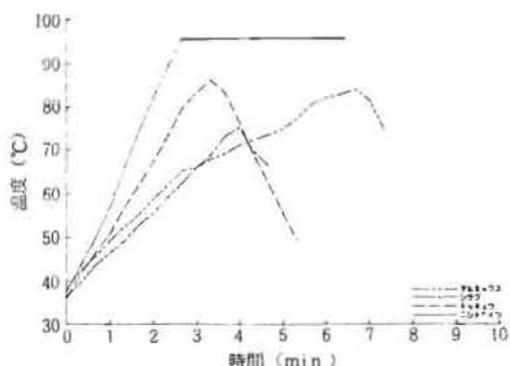


図11 防火衣内の温度(被験者C)

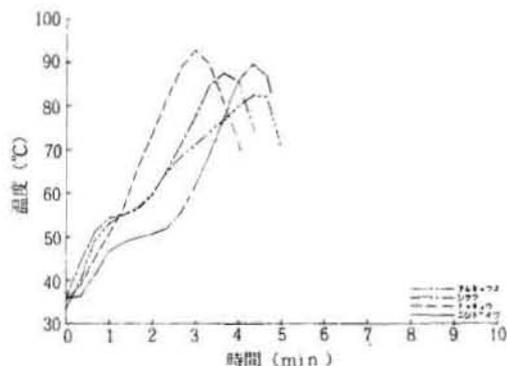


図12 防火衣内の温度(被験者D)

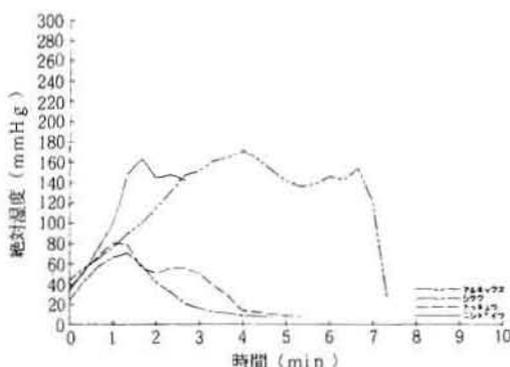


図13 防火衣内の湿度(被験者C)

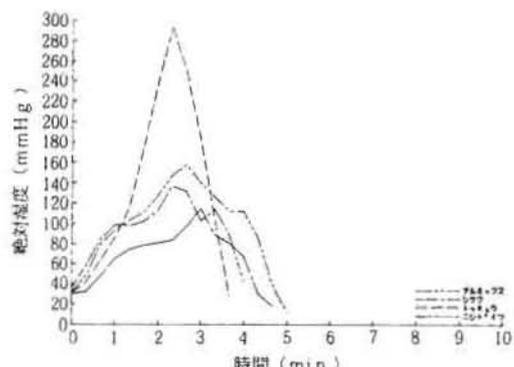


図14 防火衣内の湿度(被験者D)

を比較すると、被験者Cの場合、1分20秒後では、西ドイツ、アルミックス、特教用及び試作防火衣の順で高く、アルミックス防火衣は89.6mm Hg、試作防火衣は70.7mm Hgであった。

被験者Dの場合2分20秒後では、特教用、アルミックス、試作及び西ドイツ防火衣の順で高く、この時、アルミックス防火衣は147mm Hg、試作防火衣は137mm Hgであった。

7. 考 察

- (1) 運動負荷に対する防火衣内の温・湿度性能は、各種防火衣の生地がもっている本来の性質が現われたものと思われる。アルミックス防火衣及び試作防火衣の温・湿度は、多少の凹凸はあるが、試作防火衣の方が低い値を示した。また、発汗量も同じ傾向であった。

これは、アルミックス防火衣の生地の表面にアルミニウム粉末入りゴムコーティングが施されており、試作防火衣に比べて通気性がないからと思われる。

- (2) 放射熱に対する防火衣内の温・湿度性能は、

各種防火衣の生地がもっている熱的性能の差が現われたと思われる。

アルミックス防火衣は、試作防火衣に比べ低い値となった。

このことは、アルミックス防火衣の生地が試作防火衣の生地 비해、厚みがあると共に放射熱を反射する作用が高いためであると思われる。

この結果は、昨年までの基礎研究(熱的性能試験)の結果と同様であった。

なお、被験者Cの場合、温度が100°C一定となっているのは、温度上昇が大きくオーバーフローの状態となったもので、実際には100°C以上の高い温度になっているものと思われる。

8. おわりに

今後の課題として、生地に厚さをもたせる、及び裏地を施して空気層をつくる等をしてゆく必要がある。

最後に、今回の実験に対して御協力いただいた文化女子大学被服材料科学研究室の成瀬教授及び同研究室の皆様へ感謝いたします。