

舞台幕の防災性能に関する実験的研究 (第3報)

小室 修*, 荻野 恭久*

概 要

劇場等で使用される舞台幕の防災性能を低下させる要因として、舞台用照明灯の熱による影響を確認し、第2報¹⁾で報告した。

今回は、第2報で課題とされた多湿環境及びスモークマシンによるスモーク並びに埃の付着が防災性能に与える影響を、消防法に規定する45°法燃焼試験(以下「45°法」という)により把握した。

その結果は、次のとおりであった。

- 1 多湿環境は、防災薬剤の種類により、与える影響に差があることが判明した。
- 2 スモークは、防災性能に若干の影響を与えることが判明した。
- 3 埃は、舞台幕の起毛表面の燃焼性に影響を与えることが判明した。

1 はじめに

第2報では、3種類の防災薬剤を用いて、受熱環境下での防災性能劣化有無の確認を行い、防災性能が低下することが明らかとなった。

本研究では、舞台環境や使用実態をさらに考慮に入れ、多湿環境、演出効果から使用されるスモークマシンによるスモーク環境並びに舞台部に浮遊する埃等が防災性能に及ぼす影響について研究を行った。

2 実験項目等

(1) 熱環境室による多湿環境実験

ア 環境条件

(7) 熱環境室(幅3.6m×奥行2.8m×高さ2.3m)

(図1参照)

(イ) 湿度80%、温度25℃、換気風速2.4m/sec

イ 試験体

206.18g/m²)にそれぞれ防災薬剤を浸漬処理したものを縦約200cm×横約30cmに裁断し、試験体とした。

ウ 促進時間

0時間、72時間、168時間、500時間の4区分とし、図1のように熱環境室内に試験体を吊るした。

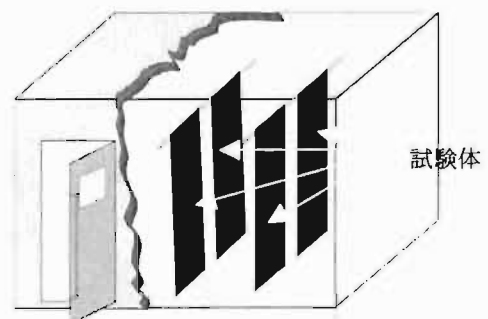


図1 熱環境室

表1 試験体の仕様

試験体名	防災薬剤(主な成分の化学名)	認定単位重量 [g/m ²]	認定付着率 [%]
A試験体	リン酸グアニジン 他	218.96	6.19
B試験体	ポリリン酸カルバメート ポリリン酸カルバメート 臭化アンモニウム 他	224.37	8.82
C試験体	スルファミン酸アンモニウム メチロール化リン酸グアニル 他	237.11	15.00

エ 試験項目

多湿環境下におかれた試験体の高低差による防災性能の変化を、以下の試験法により確認をした。

(7) 45°法による炭化面積

(イ) イオンクロマトグラフによる防災薬剤の成分分析(以下「IC法」という)

(2) スモークマシンによるスモーク環境実験

ア 環境条件

(7) アクリル板で作成した環境設定箱(幅60cm×奥行60cm×高さ90cm)(以下「環境設定箱」という)とした(写真1~写真3参照)。

第2報と同様、表1のとおり綿100%(貫八別珍

* 第二研究室

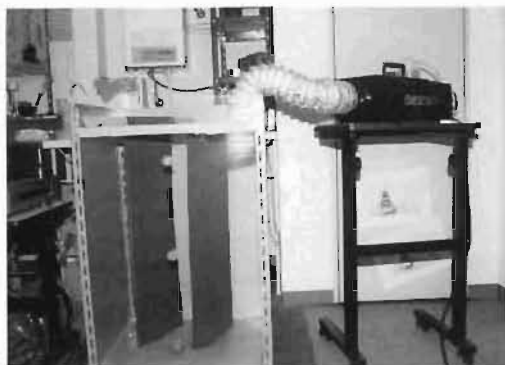


写真1 スモークマシン実験

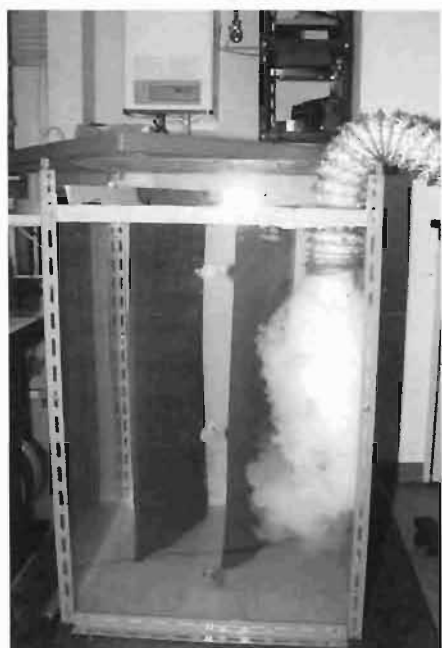


写真2 スモークマシン噴霧状況



写真3 スモーク密閉状況

(イ) 環境設定箱内をスモークマシン（ロスコ社製 Fog/スモークマシン1600型）により噴霧した。

(ロ) スモークマシンの煙の主成分は、ポリエチレングリコールで非危険物の水溶液である。また、煙の粒子は0.25から60ミクロン程度であり、煙噴霧量は毎秒0.69mlである。

イ 試験体

既製の防災加工された綿100%貫八別珍(243g/m²)を縦88cm×横30cmに裁断したものとした。

ウ 噴霧サイクル

環境設定箱内に15秒間スモークマシンの煙を噴霧した後、20分間の密閉状態を保持した。これを4回繰り返し、1サイクルとした。

エ 試験項目

(7) 45°法による炭化面積

(イ) 45°法による変色面積

変色面積とは、45°法燃焼試験において、炭化まで至らない燃焼で、起毛部分に炎が表面フラッシュ状に走り、綿表面が変色した面積をいう。

(3) 埃等付着実験

ア 埃は、綿寝具の打ち返しを行っている製綿所から綿埃を採取して付着実験を行った。

イ 試験体は、既製の防災加工された綿100%貫八別珍(243g/m²)を縦35cm×横25cmに裁断し、表面の起毛側に網ふるい(メッシュ1.7mm)を通過した埃(約0.05g)を付着させたものとした(写真4参照)。



写真4 埃付着状況

ウ 試験項目

(7) 45°法による炭化面積の確認

(イ) 45°法による変色面積の確認

3 実験結果

(1) 熱環境室による多湿環境実験結果

ア 防災性能試験結果

防災性能試験機のマクロバーナー接炎位置を各試験体の底部から17cm、51cm、83cm、115cm、147cm、178cmの6箇所を選定し、実施した結果を表2～表4及び図2～図4に示す。

(7) A試験体

A試験体の標準試験体（環境条件を加えない試験体そのものをいう。以下同じ。）の炭化面積 11.88 cm^2 より、わずかであるが $2 \sim 5 \text{ cm}^2$ 程度炭化面積が増加した。

表2 A試験体の防災性能試験結果

測定位置 [cm]	防災性能試験による炭化面積 [cm^2]		
	多湿環境放置時間別		
	72h	168h	500h
17	16.51	13.39	16.37
51	17.06	15.58	14.99
83	16.70	14.95	16.75
115	15.64	15.71	15.56
147	15.54	15.41	13.60
178	14.82	15.37	13.43

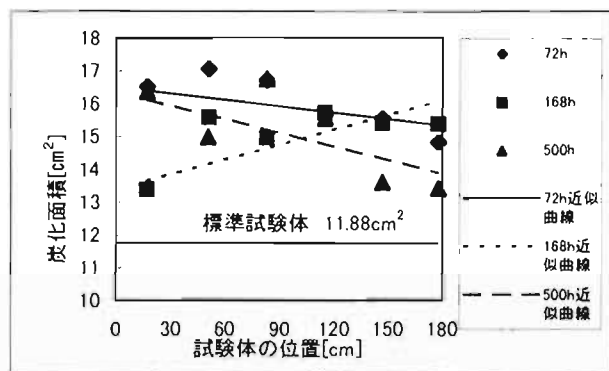


図2 多湿環境下のA試験体の炭化面積

(イ) B試験体

B試験体の標準試験体の炭化面積 22.12 cm^2 との変化の差を確認することはできなかった。

表3 B試験体の防災性能試験結果

測定位置 [cm]	防災性能試験結果による炭化面積 [cm^2]		
	多湿環境放置時間別		
	72h	168h	500h
17	22.37	21.09	23.36
51	22.40	20.97	24.07
83	21.82	22.19	22.31
115	22.45	21.38	23.63
147	21.77	22.41	24.14
178	22.48	22.38	23.69

(ウ) C試験体

A試験体同様、標準試験体の炭化面積 12.97 cm^2 より、約 8 cm^2 程度炭化面積が増加した。

これらの結果から、多湿環境下における防災舞台幕は、防災薬剤の種類により湿度の影響を受けるものと受

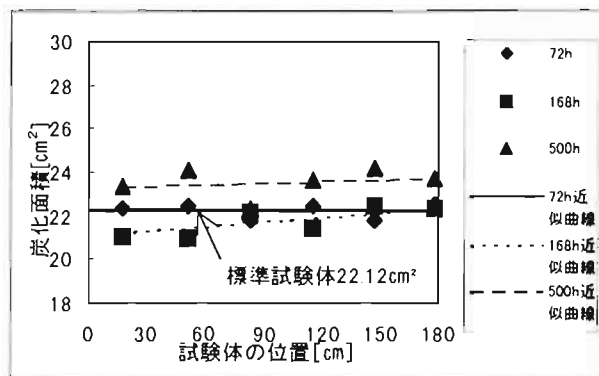


図3 多湿環境下のB試験体の炭化面積

表4 C試験体の防災性能試験結果

測定位置 [cm]	防災性能試験結果による炭化面積 [cm^2]		
	多湿環境放置時間別		
	72h	168h	500h
17	19.70	19.01	20.78
51	20.06	18.85	21.90
83	19.45	19.24	19.71
115	20.15	13.93	19.00
147	20.50	16.42	18.64
178	19.85	16.17	19.97

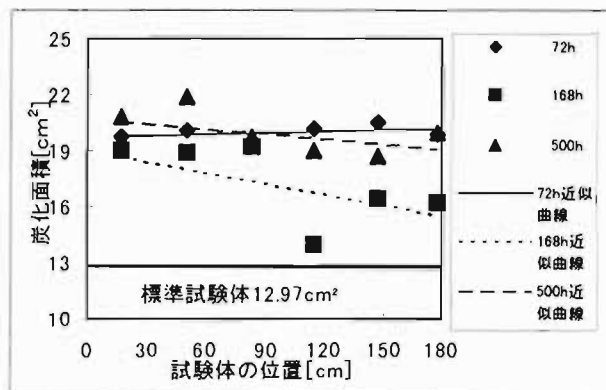


図4 多湿環境下のC試験体の炭化面積

けないものがあることが判明した。

なお、各試験体の防災薬剤が湿度の影響で下方に流動する可能性を考え、各6箇所の防災性能試験を行ったが、高低差による防災薬剤への影響を捉えることができなかった。

イ IC法による防災薬剤の成分分析結果

各試験体は、底部から 0 cm 、 34 cm 、 66 cm 、 98 cm 、 130 cm 、 162 cm 、 196 cm の7箇所から約 0.2 g 採取し、湯洗した水溶液をイオンクロマトグラフにより成分分析を行った結果である。

(7) A試験体

a A試験体からは、リン酸イオン (PO_4^{3-}) 及び硫酸イオン (SO_4^{2-}) が同定された。その結果を表5-1及び表5-2並びにグラフを図5に示す。

b リン酸イオンの定量値は、標準試験体 76.41mg/g に比べ30%から50%程度減少した。

c 硫酸イオンの定量値は、標準試験体 1.56mg/g に比べ約30%程度減少した。

d 多湿環境放置時間及び試験体の高低差による定量値の変化は確認できなかった。

表5-1 A試験体のリン酸イオン分析結果

測定位置 [cm]	リン酸イオンの定量値 [mg/g]		
	多湿環境放置時間		
	72h	168h	500h
0	35.59	43.89	43.44
34	38.33	47.9	51.3
66	39.38	47.25	36.69
98	37.51	42.93	44.73
130	42.63	45.29	45.29
162	40.04	48.99	48.99
196	36.62	50.45	50.45

表5-2 A試験体の硫酸イオン分析結果

測定位置 [cm]	硫酸イオンの定量値 [mg/g]		
	多湿環境放置時間		
	72h	168h	500h
0	0.95	1.07	1.16
34	0.95	1.05	1.16
66	0.98	1.04	1.14
98	1.00	1.03	1.16
130	1.01	1.02	1.12
162	0.96	1.00	1.11
196	0.97	1.03	1.13

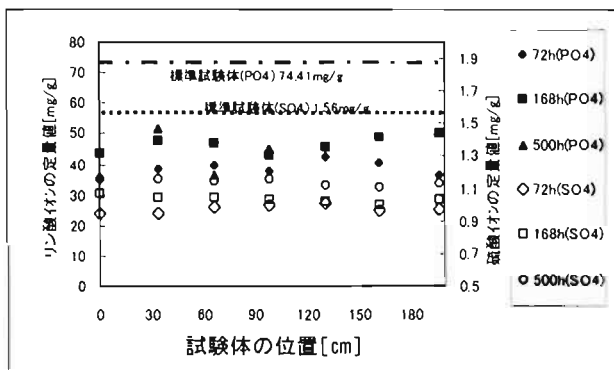


図5 A試験体のIC分析結果

(イ) B試験体

a B試験体からは、リン酸イオン (PO_4^{3-})、臭素イオン (Br^-)、硫酸イオン (SO_4^{2-}) の3種類が同定された。その結果を表6-1~6-3に、グラフを図6に示す。

b 同定された3種類のイオンの定量値と標準試験体の定量値とに大きな差は確認できなかった。

c 多湿環境放置時間及び試験体の高低差による定量値に変化は確認できなかった。

表6-1 B試験体のリン酸イオン分析結果

測定位置 [cm]	リン酸イオンの定量値 [mg/g]		
	多湿環境放置時間		
	72h	168h	500h
0	11.29	8.08	14.08
34	10.71	8.99	12.24
66	14.07	8.70	11.91
98	10.74	9.05	12.64
130	10.93	9.57	10.89
162	9.96	10.49	12.34
196	10.79	10.38	12.23

表6-2 B試験体の臭素イオン分析結果

測定位置 [cm]	臭素イオンの定量値 [mg/g]		
	多湿環境放置時間		
	72h	168h	500h
0	24.36	20.30	22.52
34	20.65	21.68	24.20
66	21.24	20.98	25.60
98	23.22	21.59	24.40
130	19.87	23.29	22.10
162	21.92	24.68	23.18
196	22.53	25.03	23.37

表6-3 B試験体の硫酸イオン分析結果

測定位置 [cm]	硫酸イオンの定量値 [mg/g]		
	多湿環境放置時間		
	72h	168h	500h
0	4.93	4.18	4.45
34	4.27	4.57	4.87
66	4.35	4.38	5.02
98	4.68	4.48	4.84
130	4.10	4.72	4.47
162	4.43	5.09	4.76
196	4.56	5.12	4.79

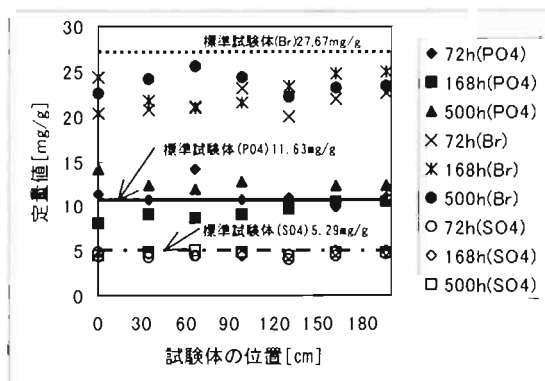


図6 B試験体のIC分析結果

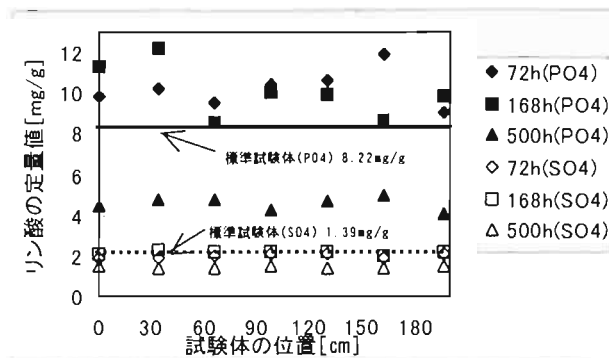


図7 C試験体のIC分析結果

(ウ) C試験体

a C試験体からは、リン酸イオン及び硫酸イオンの2種類が同定された。その結果を表7-1及び表7-2に、グラフを図7に示す。

b 同定された2種類のイオンの定量値と標準試験体の定量値とに大きな差は確認できなかった。

表7-1 C試験体のリン酸イオン分析結果

測定位置 [cm]	リン酸イオンの定量値 [mg/g]		
	多湿環境放置時間		
	72h	168h	500h
0	9.83	11.34	4.47
34	10.22	12.21	4.8
66	9.52	8.51	4.73
98	10.46	10.04	4.29
130	10.6	9.91	4.69
162	11.94	8.68	4.96
196	9.01	9.79	4.1

表7-2 C試験体の硫酸イオン分析結果

測定位置 [cm]	硫酸イオンの定量値 [mg/g]		
	多湿環境放置時間		
	72h	168h	500h
0	1.93	2.13	1.45
34	1.92	2.28	1.43
66	1.95	2.21	1.43
98	2.08	2.14	1.45
130	2.08	2.17	1.43
162	1.89	2.00	1.41
196	2.06	2.15	1.51

以上A、B、C試験体のIC分析結果、当初、多湿環境に放置した場合に防炎薬剤が上部から下部へ移動するのではないかと、予測していたが、このような現象の変化を捉えることはできなかったものである。

(2) スモークマシンによるスモーク環境実験結果

スモークマシンによるスモーク雰囲気内に放置した試験体について防炎性能試験を行った。

なお、接炎箇所は、適宜な箇所を8箇所(60秒加熱を4箇所及び着炎後3秒加熱を4箇所)選定し、その結果を表8-1~8-4及びグラフを図8に示す。

ア スモークマシンのスモーク雰囲気内に放置した試験体と標準試験体の炭化面積を比較すると、若干ではあるが、標準試験体より炭化面積が増加していることがわかる。しかしながら、炭化面積30cm²を超える試験体はなかった。

イ 試験体の起毛側を接炎した際、起毛表面が炭化に至らないが変色した部分についても着目し、炭化部分以外の変色した部分の面積を測定したが、変色面積に変化を見出すことはできなかった。

表8-1 60秒加熱による防炎性能試験結果

スモークサイクル	炭化面積(60秒加熱)[cm ²]			
	接炎1	接炎2	接炎3	接炎4
無し	13.99	12.69	13.84	12.54
2回	16.57	14.47	15.52	15.19
3回	17.49	13.7	12.60	11.36

表8-2 3秒加熱による防炎性能試験結果

スモークサイクル	炭化面積(着炎後3秒加熱)[cm ²]			
	接炎1	接炎2	接炎3	接炎4
無し	10.12	9.54	10.49	8.06
2回	13.32	3.39	10.01	5.96
3回	11.67	8.29	7.69	8.23

表 8-3 60秒加熱の防炎性能試験結果

変色面積(60秒加熱) [cm ²]				
スモークサイクル	接炎 1	接炎 2	接炎 3	接炎 4
無し	27.40	27.13	28.79	27.45
2回	41.07	30.83	26.99	27.60
3回	29.08	27.71	26.69	28.46

表 8-4 3秒加熱の防炎性能試験結果

変色面積(着炎後3秒加熱) [cm ²]				
スモークサイクル	接炎 1	接炎 2	接炎 3	接炎 4
無し	27.45	22.00	23.71	24.80
2回	27.79	15.58	24.24	20.68
3回	23.57	19.31	19.77	20.14

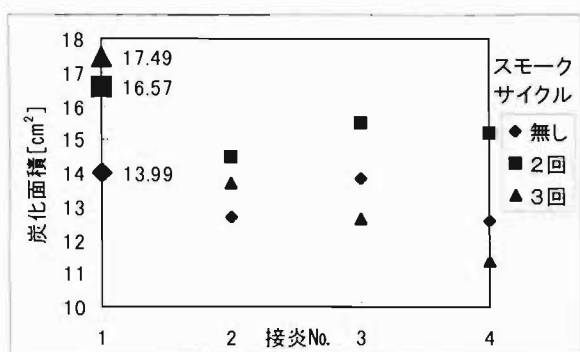


図 8 防炎性能試験結果

これらの結果から、スモークは幕表面の燃焼性状に与える影響よりも、炭化面積が増加していることから、素材自体への影響が強いものと考えられる。

(3) 埃付着実験結果

埃を付着させた試験体と標準試験体との燃焼性の違いを表 9-1 及び 9-2 に、グラフを図 9 及び 図 10 に示す。

ア 60 秒加熱試験の炭化面積は、標準試験体と比較すると変化は見られなかった。

イ 埃を付着した試験体を加熱試験終了後、観察すると、炭化部分の上方に変色しているのが確認できる。

このことは、試験体の起毛表面に付着した埃が接炎した時点で表面フラッシュ（基布そのものは燃えず布地の表面のみ着炎し、その燃焼が急速に広がる現象をいう。）現象が起これ、幕表面が変色したものと推測される。

ウ 変色面積は、60 秒加熱試験及び着炎後 3 秒加熱試

験とも標準試験体と比較すると、変色面積が増加する結果となった。

表 9-1 防炎性能試験による炭化面積結果

炭化面積(60秒加熱) [cm ²]				
埃付着	接炎 1	接炎 2	接炎 3	接炎 4
無し	13.98	12.69	13.84	12.54
有り	12.82	13.30	13.87	13.64

表 9-2 防炎性能試験による変色面積結果

変色面積(60秒加熱) [cm ²]				
埃付着	接炎 1	接炎 2	接炎 3	接炎 4
無し	27.40	27.13	28.79	27.45
有り	35.03	45.54	55.00	48.73

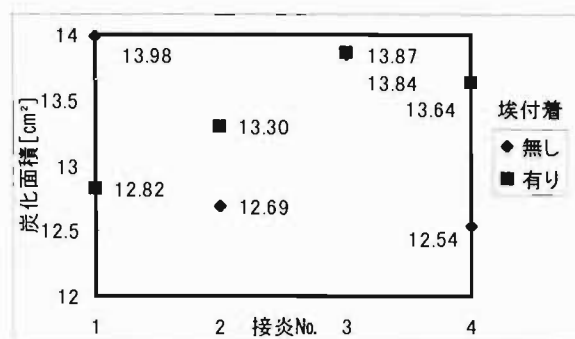


図 9 防炎性能試験による炭化面積結果

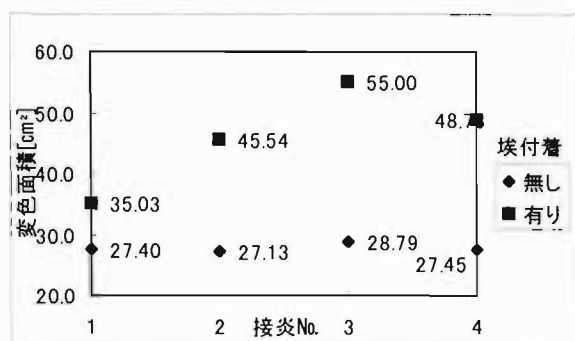


図 10 防炎性能試験による変色面積結果

4 まとめ

(1) 熱環境室による多湿環境実験

防炎薬剤の種類によっては、湿度の影響により、わずかであるが 4.5° 法の炭化面積が増加した。

また、多湿環境下では、試験体に浸漬している防炎薬剤が吸湿し、上部から下部への移動が推測されていたが、

本実験結果からは、防災薬剤の挙動の把握には至らなかった。

しかし、最近の演劇等の公演では、実際の環境に、より近づける演出が求められ、舞台部で雨を想定してシャワー状の水を天井部から降らす劇場も見受けられる。

水溶性の無機防災薬剤が多く使用されている舞台幕にとっては、非常に危惧するところである。

(2) スモークマシンによるスモーク雰囲気実験

ア スモークによる影響は、幕の基布への影響が表面に与える影響よりも強いことが確認できた。

イ 本実験で使用したスモークマシンの発煙剤は、非危険物であったが、火災予防条例第 23 条に規定する劇場等の禁止行為の解除承認では、危険物に該当する発煙剤を使用する実態もあることから、危険物に該当する発煙剤のスモークについても実験を行う必要があると思われる。

(3) 埃等付着実験

綿埃が付着した場合の燃焼性に与える影響については、スモークの影響とは異なり、幕の基布よりも幕表面の燃焼性に与える影響が強いことが変色面積の結果から確認された。

5 おわりに

(1) 今回の実験条件は単一条件下で促進した試験体を用いての検証であり、これらの条件を複合した試験体を作成しての防災性能の確認や火源をバーナーから照明灯に代えて使用実態に則した燃焼実験も行う必要があると思われる。

(2) 今回の研究において、促進条件から舞台幕の使用限界等を結論づけることはできないが、今後、実際に使用されていた舞台幕の防災性能実験結果と本研究結果を比較することも必要である。

(3) 本研究を行っていた期間中に、設置して3ヶ月強、あるいは3、4年しか経過していない舞台幕が照明灯と接触若しくは接近したことにより火災となった事例が散見された。危惧すべきは、そのほとんどの舞台幕は、設置当初から防災性能がなかったものと推定され、防災ラベルが附されているものであっても、必ずしも防災性能があるとは言えないという非常にゆゆしき状況が明らかとなる結果を得た。

これは、受熱による影響や、設置環境による影響だけではなく、短期間で防災性能を低下させる何らかの要因があるか、若しくは、防災加工が適正になされなかったこと等が原因として潜んでいると思われる。このことから、舞台幕製造過程の品質管理や設置後の防災性能の維持管理方を抜本的に検討することが肝要であると考えられる。

今後も機会をとらえて実験を行い、防災性能に与える様々な影響について検証してゆきたい。

[参考文献]

- 1) 小室修、荻野恭久：受熱環境にあった舞台幕の防災性能の測定と防災性能評価法の研究 消防科学研究所報、第36号、PP.11～18 1999年

STUDY ON THE FLAME RETARDANT PROPERTY OF A DROP CURTAIN (SERIES 3)

Osamu KOMURO* , Yasuhisa OGINO*

Abstract

In series 2 we confirmed that heating by a stage light made flame retardant performance of a drop curtain decline.

In this study, we examined the flammability of the drop curtain in two factors, using the 45-degree angle burning test prescribed in the Fire Service Law.

First factor is humidity and second is adhesion of smoke from the smoke machine, and dust to a curtain.

The result is as follows :

- 1 Some flame retardant agents showed lower performance in highly humid atmosphere.
- 2 Flame retardant performance declined a little in a smoky atmosphere.
- 3 Adhesion of dust had an influence on the flammability of napped surface of a drop curtain.

* Second Laboratory