

噴き出し煙火の飛散火花による床面養生材の安全性に関する検証

細谷 昌右*, 佐藤 衛寿*

概要

劇場等での舞台演出時に噴き出し煙火（以下、「煙火」と記す）を消費する場合、舞台床面に養生材を敷く必要がある。そこで市販養生材9種類の飛散火花の熱による影響を検証した。

検証は、煙火が万一横倒しになった場合を想定した。また、養生材の下の舞台床面の影響も検証するため、舞台床面の代替としたラワン合板（以下、「合板」と記す）上に養生材を敷いて行なった。その状態で煙火を噴出させて、養生材の穴の有無、合板の炭化状況、養生材と合板の間の雰囲気温度を測定した。

1 はじめに

現在、劇場等の舞台演出において「噴出し煙火」（以下、「煙火」という。）を消費する場合には、火災予防条例第23条に基づく禁止行為の解除の要件として、火花の飛散範囲及びその周囲の舞台床面を、防火性能を有する材料（床面養生材）で覆うこととなっている。

そこで本検証では、市販されている養生材9種類について、飛散する火花と床面養生材の関係を性能的に把握することを目的とした。

2 検証概要

(1) 検証方法

検証での配置状況は写真1のとおりである。煙火は固定して使用することになっているが、煙火が倒れて養生材に水平方向に火花が噴出する状況を想定し、噴出火花等による養生材及び舞台床面への影響を検証した。

養生材そのものは煙火の熱に強くても、熱そのものが養生材の下の床材に伝わる可能性がある。舞台等の床材は、弾力性や音響効果等を考え木材を使用している例が多く、一般的に260℃を木材の火災危険温度としている。このことから、検証実験では入手容易な合板を床材にみため、その上に養生材を敷き、その間にK熱電対を設定し養生材と合板の間の雰囲気温度を測定した。合板の厚さについては4ミリ厚のものを使用し、熱が逃げないように合板の下に厚さ27mmのロックウールを敷いた（写真2参照）。養生材と合板の固定は、養生材周囲をステープル（ホチキス）針またはアルミテープを用いて極力密着するようにした。

(2) 測定項目等

今回の検証での測定項目等は表1のとおりである。

表1 測定対象と項目

対象	測定項目	方法・条件等
養生材	溶融穴	有無を目視で確認
養生材－合板間	雰囲気温度	K熱電対、JIS2(シートカップル) サンプリング間隔0.1秒 写真2参照
合板	変色	有無を目視で確認

(3) 検証養生材

今回検証した養生材は表2のとおりである。

表2 検証養生材

名称	主材料	厚さ※
A	シリコン系片面コーティング*	0.8 mm (±0.2)
B	耐炎繊維	1 mm (実測)
C	塩化ビニル樹脂	0.28 mm
D	塩化ビニル樹脂	1 mm
E	亜麻仁油等天然素材	2.5 mm
F	塩化ビニル樹脂	2 mm
G	塩化ビニル樹脂	2 mm
H	硬質塩化ビニル*レス板	2 mm
I	ホリワビレ*100%	3 mm (実測)

※実測と記されたもの以外はカタログ値

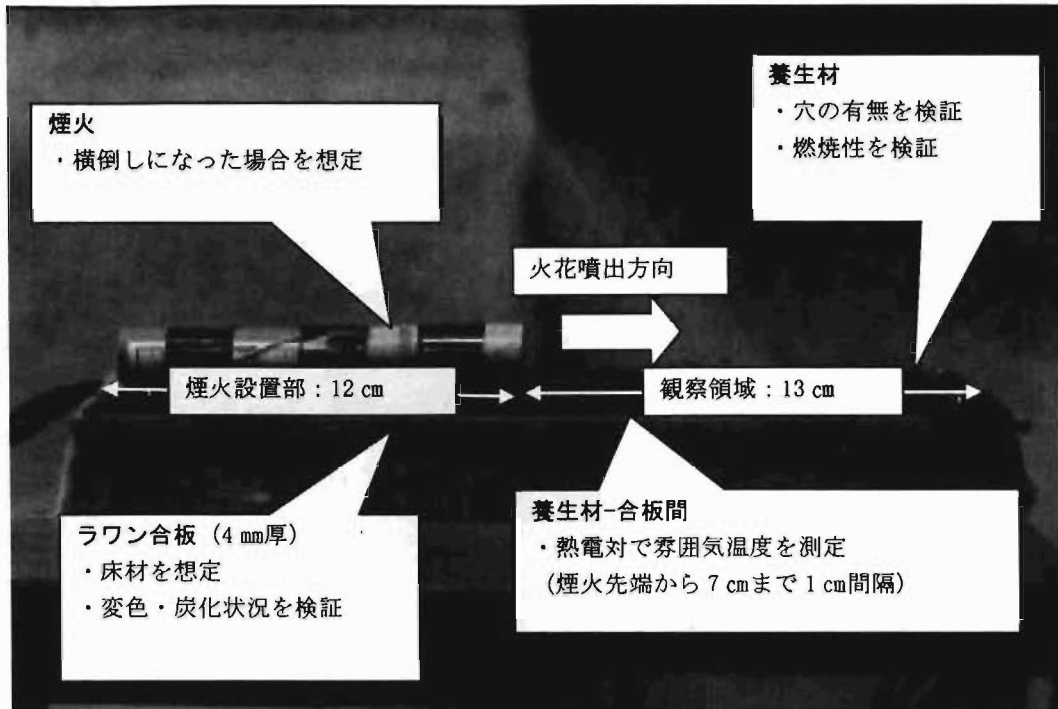


写真1 養生材の床面保護の検証配置状況

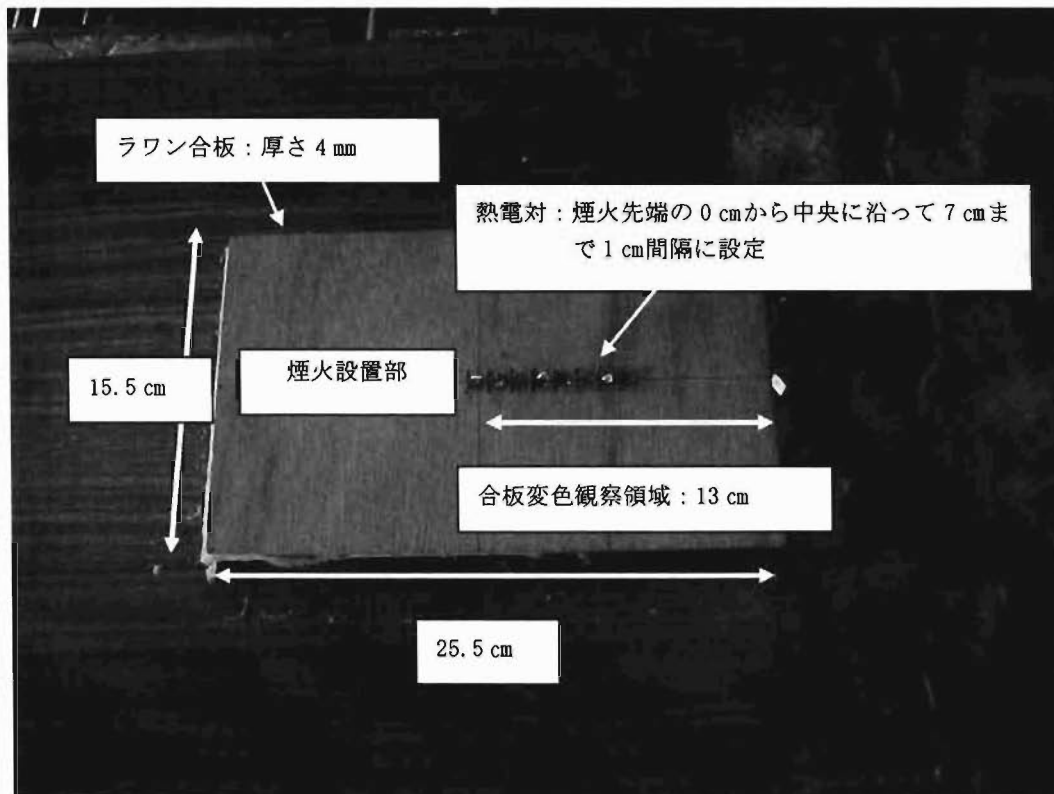


写真2 合板及び熱電対の設置状況

(4) 使用煙火

今回検証に使用した煙火は表3のとおり。全ての養生材について、表3の全ての煙火で検証を行なった。しかし、ある煙火で養生材に穴が開いた場合は、それ以後、残りの煙火による検証は行なわなかった。煙火噴出中の様子は写真3参照。

表3 使用煙火のスペック

噴き出し高さ	噴き出し時間	火薬量	筒の直径
1m	10秒	6g	18mm (実測)
	15秒	9g	
	20秒	12g	
1.5m	10秒	9g	
	15秒	13g	
2m	1.5秒	1.5g	
	10秒	10g	
	15秒	15g	
3m	1秒	1.5g	
	10秒	12g	



写真3 煙火噴出時の状況

3 検証結果

検証結果は表4のとおりである。「最高温度」欄は、検証に使用した全ての煙火で最も温度が高くなった値のみを記入してある。そのときの熱電対の位置が「最高温度位置」、その煙火のスペックが「煙火スペック」欄に記入されている。

また、名称C、D及びIの「合板の変色」欄、「最高温度」欄、及び「最高温度位置」欄が斜線となっているのは、養生材に溶融穴が生じた時点で検証を中断しているため、全ての煙火で検証していないためである。

4 考察

(1) 最高温度を記録した位置は、全て噴き出し口から1cmの位置である。横に倒した状態で煙火を噴出させると、噴き出し口から溶融した火薬の燃えかすが出て、噴き出し口付近に溜まり冷めにくいため、比較的長い時間その部分を加熱する。その熱が養生材を伝導していくことに

よって噴き出し口周辺が最高温度を示すと考えられる(写真4参照)。



写真4 煙火から噴出する火薬の燃えかす

(2) 最高温度を示す煙火のスペックが全て検証煙火の中でもっとも噴出時間の長かった20秒のものであることから、養生材及び床材に熱的影響を及ぼすパラメーターは、「火薬の量」や「花火の長さ」よりも「噴出時間」であることがわかる。

(3) 養生材C、D及びIについては、全ての煙火を試すことなく、横倒し状態の煙火で噴出される熱気流により養生材に穴が開いてしまった。

(4) 養生材A及びBについては、養生材そのものには溶融による穴は開かなかったが、熱が床材に伝導し、養生材-合板間雰囲気温度が500℃を超えて合板が炭化した。

養生材Aは、生地のメッシュが比較的粗いため、噴き出し口から噴出した火薬の燃えかすが、メッシュに染み込み裏面に達する状況も確認された(写真5参照)。

このことから、煙火が万一横倒しになっても、床面が保護されるためには、養生材の熱伝導や生地のメッシュの粗さにも注意する必要がある。

(5) 養生材E、F、G及びHについては、溶融穴も開かず、合板も変色しなかったため、床面は火災の危険から保護されたことになる。このことは、養生材-合板間雰囲気温度も火災危険温度の260℃に達していなかったことから裏づけられる。

5 まとめ

(1) 煙火が養生材及び床面に与える熱的影響は、噴出時間が長いほど大きい。

(2) 養生材そのものが熱に強くても、熱伝導により床面に熱が伝わる可能性があるため注意が必要である。

(3) 養生材のメッシュが粗いと、溶融穴が生じなくても半液状化した火薬の燃えかすがメッシュに染み込み裏面に達する可能性がある。

表4 各種養生材の結果表

名称	養生材の 溶融穴	合板の変色	最高温度	最高温 度位置	煙火スペック (最高温度時の)		
					噴出時間	花火 長さ	火薬量
A	無	有 (炭化)	667.3°C	1 cm	20 秒	1m	12g
B	無	有 (炭化)	564.6°C	1 cm	20 秒	1m	12g
C	有				1 秒	3m	1.5g
D	有				10 秒	1.5m	9g
E	無	無	106.4°C	1 cm	20 秒	1m	12g
F	無	無	174.6°C	1 cm	20 秒	1m	12g
G	無	無	148.5°C	1 cm	20 秒	1m	12g
H	無	無	209.7°C	1 cm	20 秒	1m	12g
I	有				10 秒	3m	12g

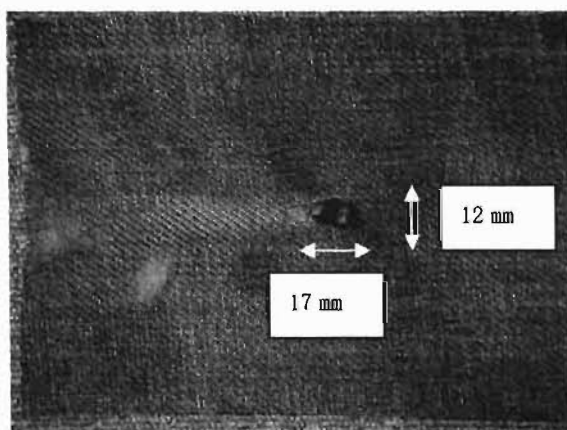


写真5 養生材A裏面に染み出した火薬の状況

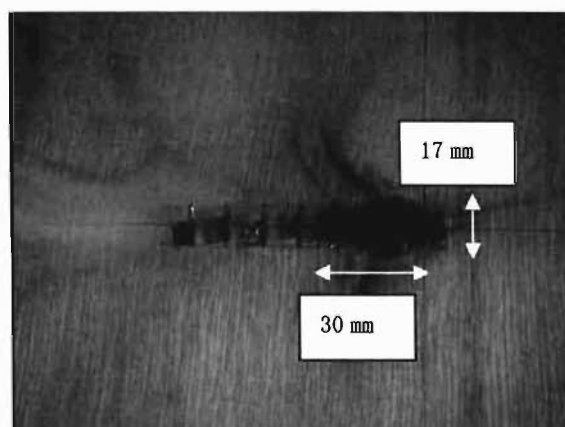


写真6 養生材Aでの合板の炭化状況

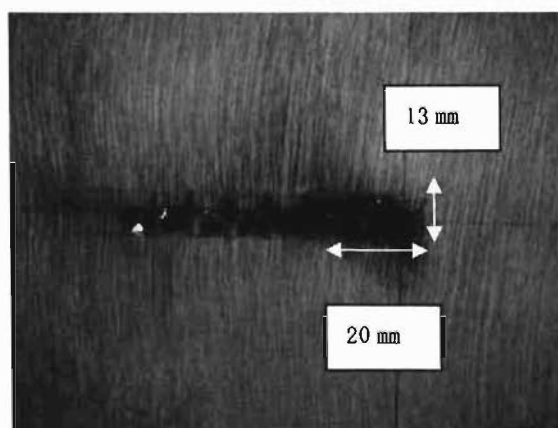


写真7 養生材Bの合板表面の炭化状況

Experiment on the Safeness of Cure Material for a Floorboard Against Sparks of Fireworks

Masasuke HOSOYA*, Eiju SATO*

Abstract

When stage fireworks (hereinafter called "fireworks") are used in a theater, cure material needs to be set on the floorboard. In this experiment, thermal effects of sparks were examined using nine types of commercial cure material.

The assumed condition is that the wireworks have fallen sideways. Cure material was set on lauan plywood (hereinafter called "plywood") as a substitute for a floorboard to identify the effects on a stage floorboard. Under this condition, fireworks were exploded to examine the existence of holes in the cure material, carburization conditions of the plywood, and ambient temperatures between the cure material and the plywood.