

ゲル化剤（高吸水性樹脂）利用による延焼抑制効果の研究

The study of the effect to check the spread of a fire by Super Absorbents

北 岡 開 造*

村 上 利 章*

小 林 幹 男*

So far we had made a study of the Elimination of Water damages by Super Absorbents. In this place we experimented about the nature of the wall stucked gel against a fire. As a result, we confirmed the remarkable effect to check the spread of a fire when we stucked the gel to the wall or glass.

1. はじめに

これまで、火災時に隣棟への延焼を抑制する有効な手段として、火災棟からの輻射熱の影響を受ける場所へ予備注水を行っているところであるが、この予備注水は、壁体等に対する放水量に比較して、付着率が低いことから、輻射熱を受けると短時間で気化し、絶乾状態になるため、当該受熱面への継続した注水をしなければ抑制時間に限りがある。

このような問題を是正し、予備注水の効果をより向上させる方策として、これまで水損防止の面で研究してきたゲル化剤のもつ吸水性及び付着性に着目し、輻射熱を受ける壁体等にゲルを付着させ、壁体等にゲル層をつくることによって火災棟からの輻射熱をどの程度まで抑制できるかを把握する実験を行ったので、その結果を報告する。

2. 予備実験

(1) 実験目的

壁面を想定して、合板及びガラスにゲル等を付着させ、熱源からの輻射熱をどの程度まで抑制できるかを確認することを目的として実施した。

(2) 実施日時

昭和61年11月5日 10時00分～14時00分

(3) 実施場所

渋谷区幡ヶ谷一丁目13番20号

東京消防庁消防科学研究所防火力実験室

(4) 実施方法及び項目

ア 実施方法

(ア) 熱源は、防火力試験炉（以下「炉」という。）を用いて、その炉に23ℓ/minのガスを流し点火した。

(イ) 試験体（合板50cm×30cm×3mm、ガラス70cm×30cm×3mm）は、炉に点火後、炉面温度を一定に保つため1分間燃焼させた後、炉面から50cm離れた位置に設置した。（図1、図2、写真1参照）

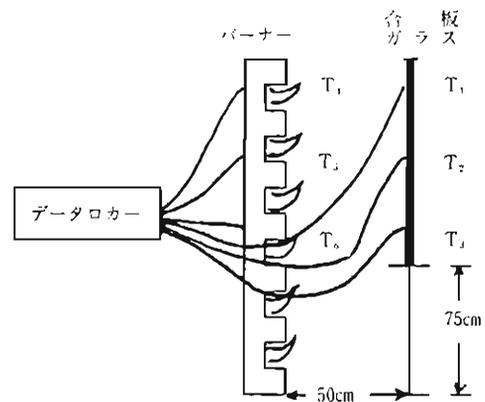


図1 測定概要図

(ウ) 試験体は、次に掲げるものとした。

- ① 合板表面に何も処理していないもの（以下「未処理合板」という。）
- ② 合板を水中に1分間浸して処理したもの（以下「水処理合板」という。）
- ③ 合板表面に濃度0.5%のゲルを1kg塗布した状態のもの（以下「ゲル処理合板」という。）
- ④ 合板表面に濃度0.5%のゲルに増粘剤（粉末のり）を混合（以下「ハイゲル」という。）

*第一研究室

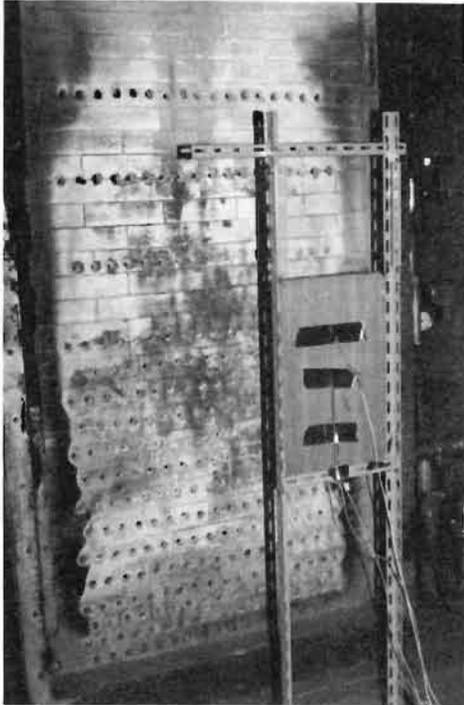


写真1 測定状況

という。)したもの1kg塗布した状態のもの(以下「ハイゲル処理合板」という。)

- ⑤ ガラス表面に何も処理していないもの(以下「未処理ガラス」という。)
- ⑥ ガラス表面に濃度0.5%のハイゲルを1kg塗布した状態のもの(以下「ハイゲル処理ガラス」という。)

イ 測定項目

(ア) 温度

炉面温度及び試験体受熱温度を測定するため、熱電対を炉中央部の垂直方向に3点、試験体中央部の垂直方向に3点、計6点設定して測定した。

(イ) ゲル及びハイゲルの受熱後の付着量変化
ゲル及びハイゲルの実験開始前の付着量が実験終了時にどの程度変化したかを実験終了後に秤を用いて、その差を測定した。

(ウ) 目視

試験体受熱面の状況変化を目視観測した。

(エ) 映像

試験体受熱面の状況変化について写真撮影した。

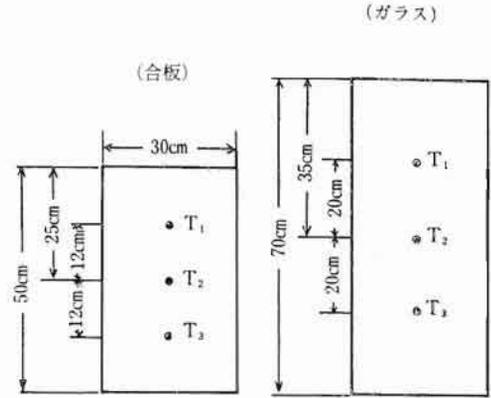


図2 温度測定位置図

(オ) 気象

実験実施時の気象状況を観測した。

(5) 測定結果

ア 温度

(ア) 未処理合板

炉面温度は、650~800°Cであり、試験体受熱面の温度は実験開始から比例的に上昇し、実験終了時の10分に最高温度380°Cに達した。また、試験体のT₁の熱電対は、試験体が炭化したことによって、9分経過時(以後、時間表示は点火時からの経過時間とする。)に脱落し、以後、測定不能となった。(図3参照)

未処理合板の実験開始前と終了後の状況は、写真2及び3に示すとおりとなった。(写真2及び3参照)

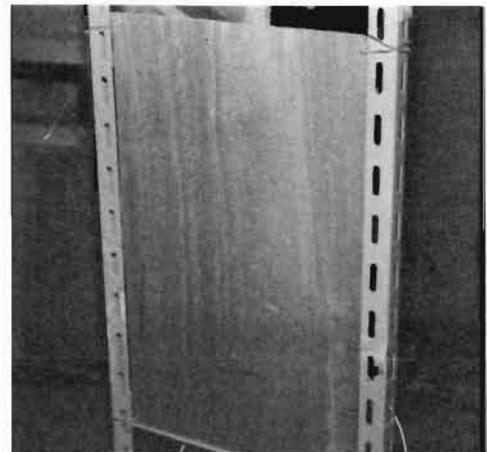


写真2 実験開始前の状況

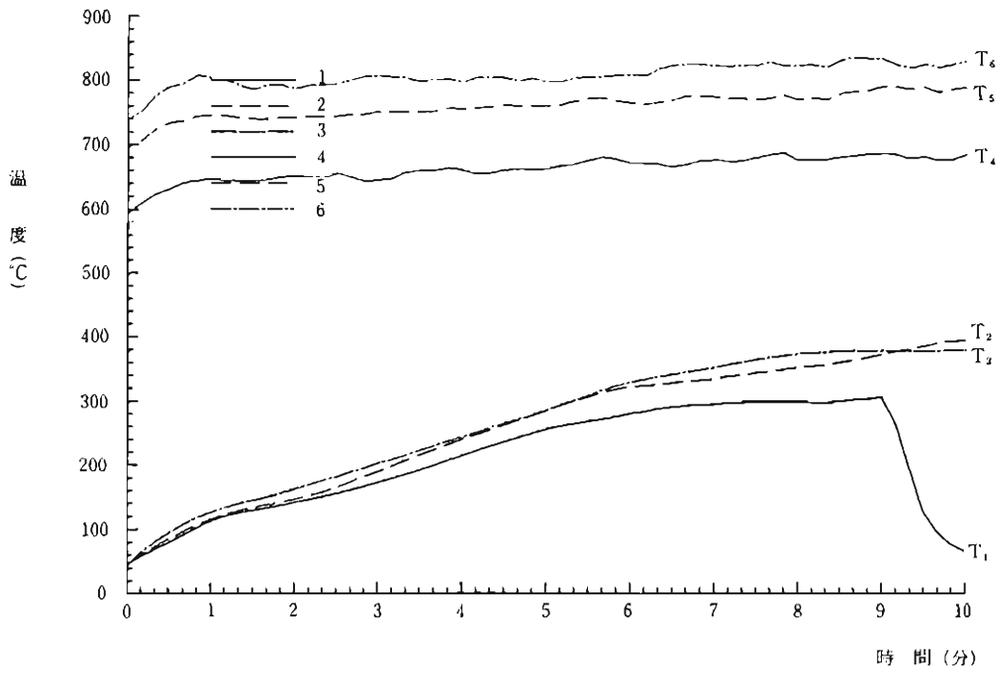


図3 未処理合板の温度変化

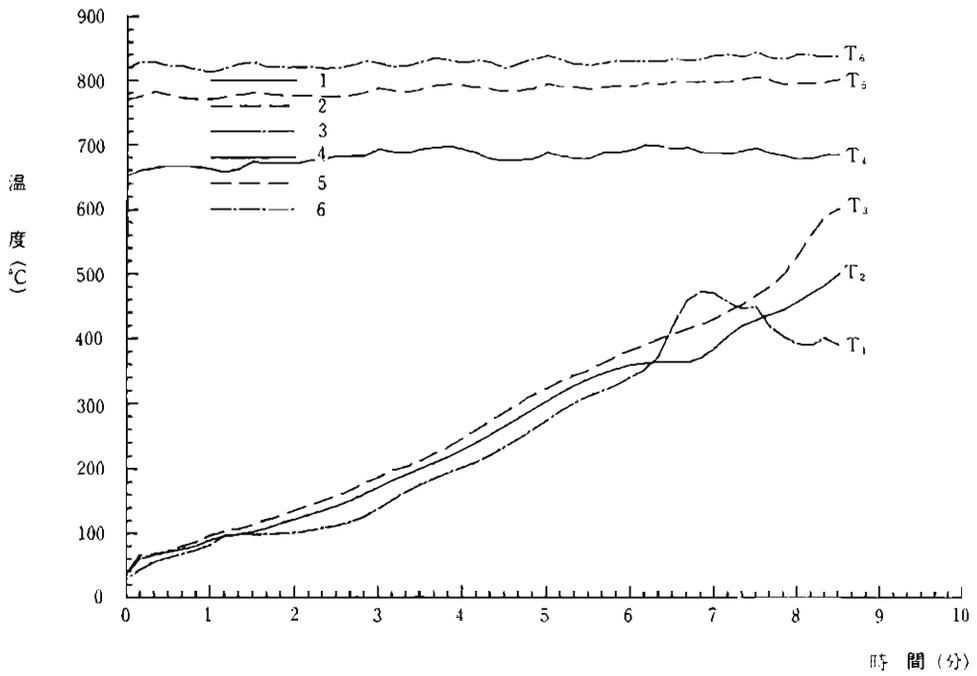


図4 水処理合板の温度変化

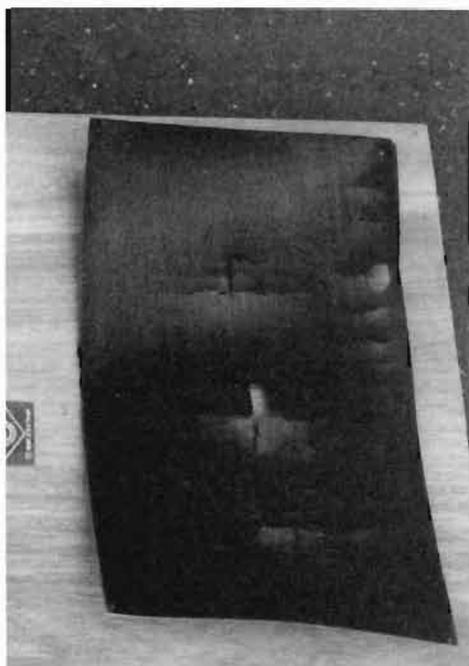


写真3 実験終了後の状況

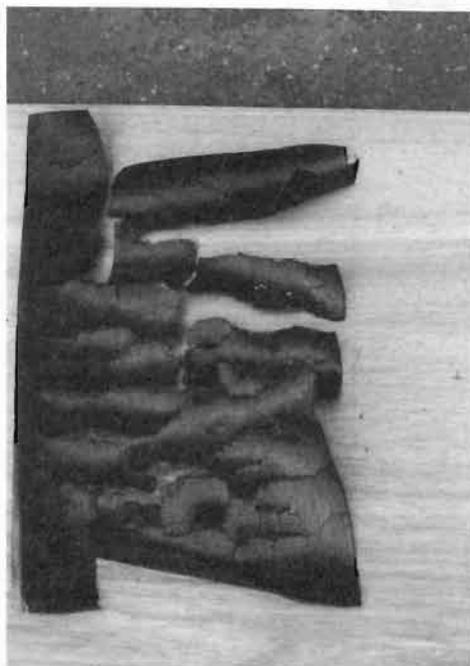


写真5 実験終了後の状況

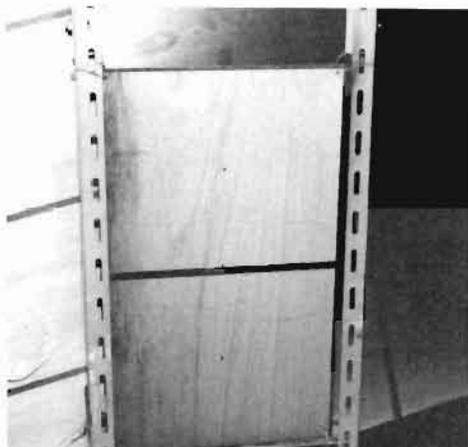


写真4 実験開始前の状況

(イ) 水処理合板

炉面温度は、660～830℃であり、試験体受熱面の温度は実験開始から比例的に上昇し、実験終了時の10分に最高温度590℃に達した。(図4参照)

水処理合板の実験開始前と終了後の試験体の状況は、写真4及び5に示すとおりとなった。(写真4及び5参照)

(ウ) ゲル処理合板

炉面温度は、680～820℃であり、試験体受熱面の温度は実験開始から5分後までの温度80℃に達するまで緩やかに上昇したが、

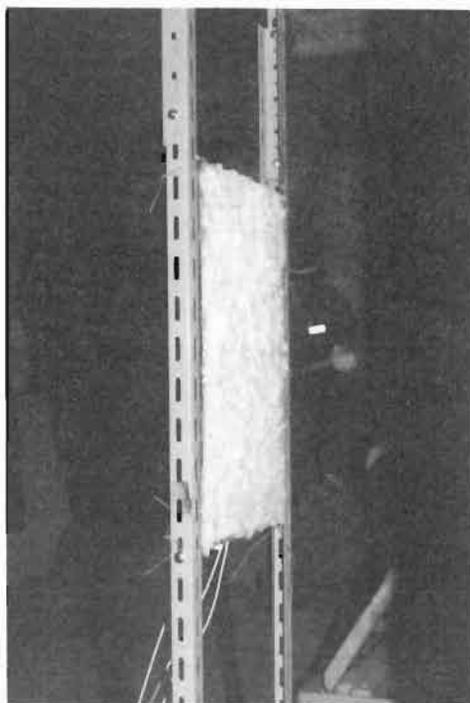


写真6 実験開始前の状況

以後、実験終了時まで温度80℃前後の横這い傾向を示した。(図5参照)

ゲル処理合板の実験開始前と終了後の試験体の状況は、写真6及び7に示すとおりとなった。(写真6及び7参照)

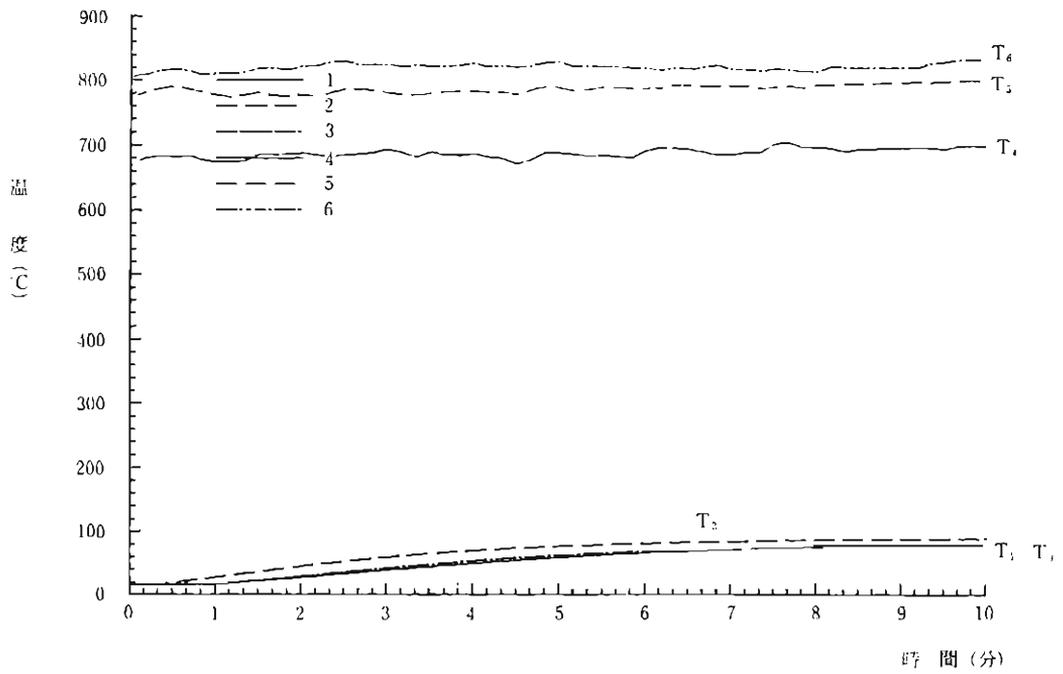


図5 ゲル処理合板の温度変化

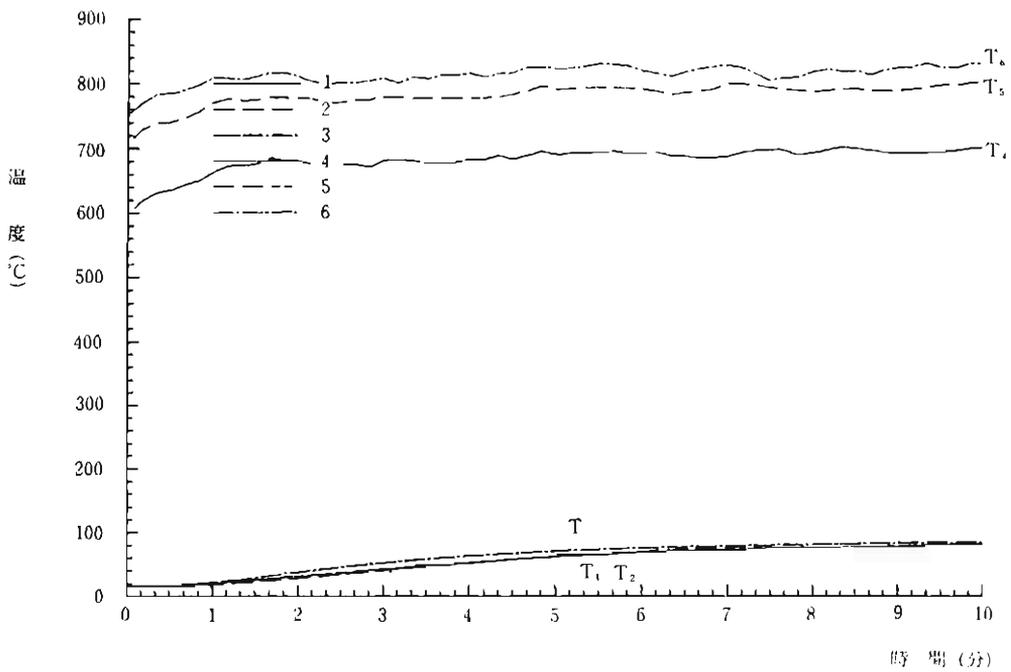


図6 ハイゲル処理合板の温度変化

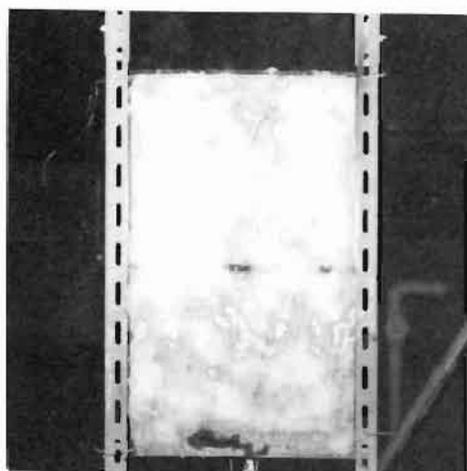


写真7 実験終了後の状況

(イ) ハイゲル処理合板

炉面温度は、680～830°Cであり、試験体受熱面の温度は実験開始から7分後までの温度70°Cに達するまで緩やかに上昇したが、以後、実験終了時まで温度70°C前後の横這い傾向を示した。(図6参照)

ハイゲル処理合板の実験開始前と終了後の試験体の状況は、写真8及び9に示すとおりとなった。(写真8及び9参照)

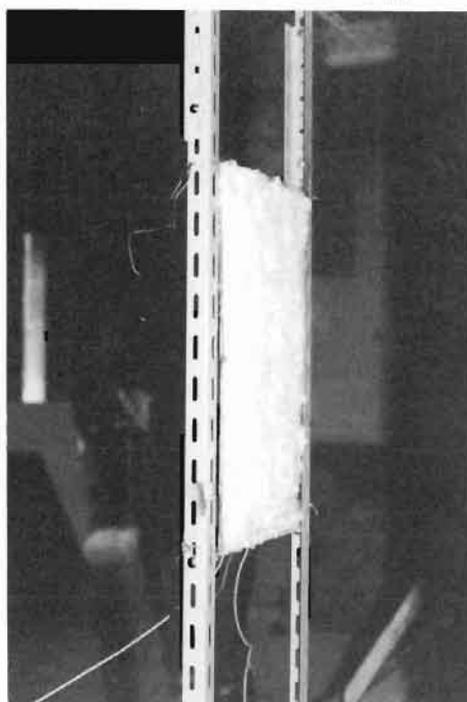


写真8 実験開始前の状況

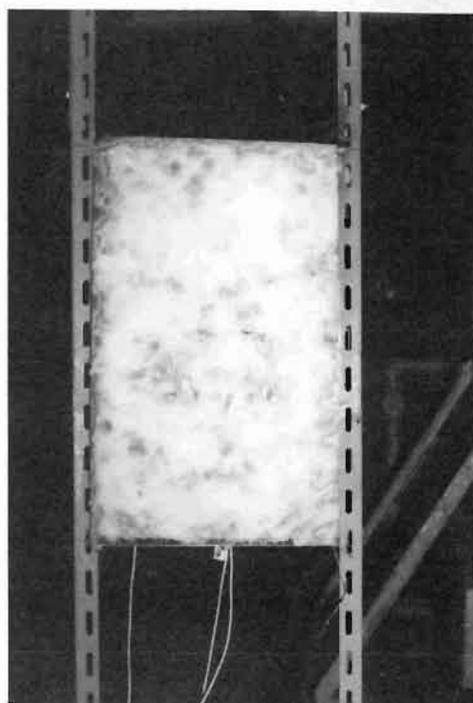


写真9 実験終了後の状況

(ロ) 未処理ガラス

炉面温度は、680～820°Cであり、試験体裏面の温度は実験開始から3分後にガラスが割れ、熱電対が落下し、温度測定が不能となった時点の温度230°Cまで比例的に上昇した。(図7参照)

未処理ガラスの実験開始前と終了後の試験体の状況は、写真10及び11に示すとおりとなった。(写真10及び11参照)

(カ) ハイゲル処理ガラス

炉面温度は、720～830°Cであり、試験体裏面の温度は実験開始から4分後の温度80°Cまで緩やかに上昇したが、以後、 T_1 は横這い傾向を示したのに対し、 T_2 及び T_3 は実験終了時の6分に160°Cに達した。(図8参照)

ハイゲル処理ガラスの実験開始前と終了後の試験体の状況は、写真12及び13に示すとおりとなった。(写真12及び13参照)

イゲル及びハイゲルの受熱による付着量変化ゲル及びハイゲルの実験開始前と終了後の付着量の差は、表1に示す結果となった。(表1参照)

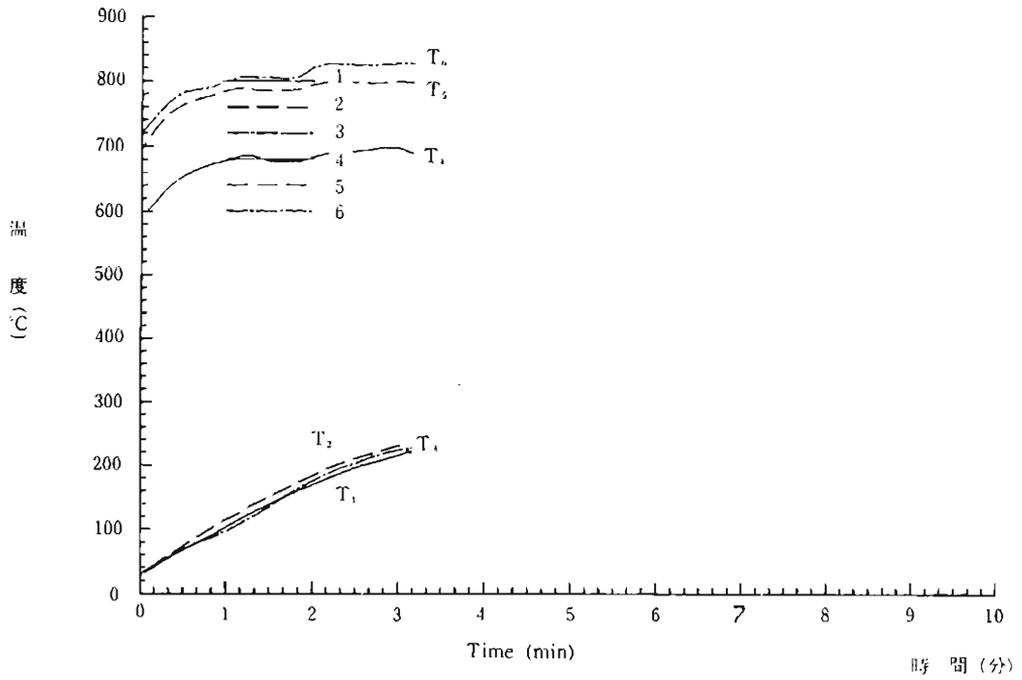


図7 未処理ガラスの温度変化

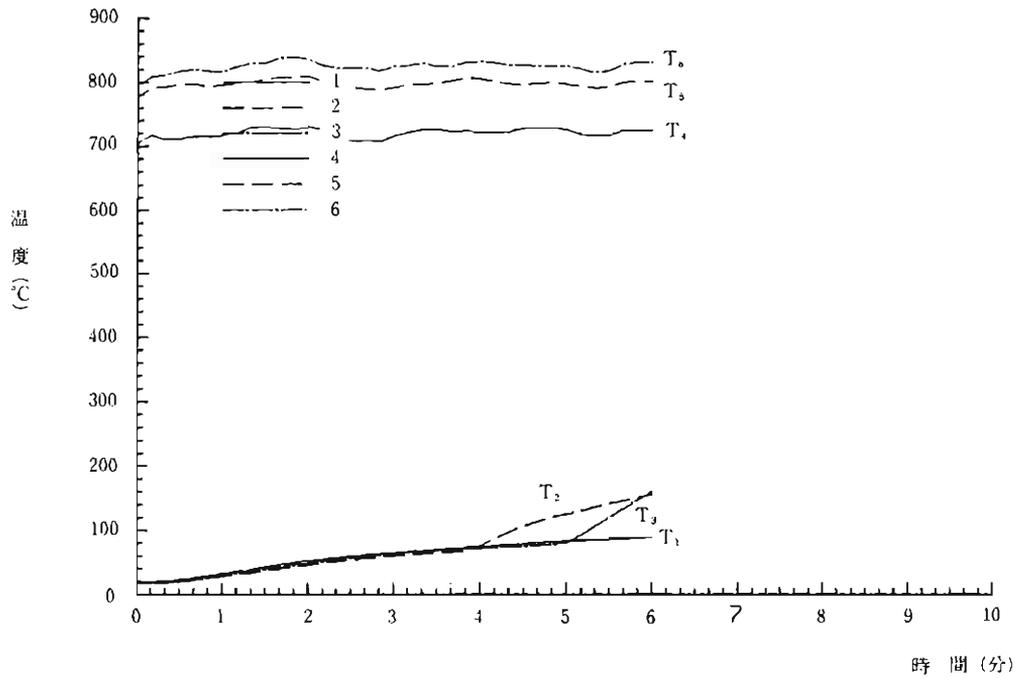


図8 ハイゲル処理ガラスの温度変化

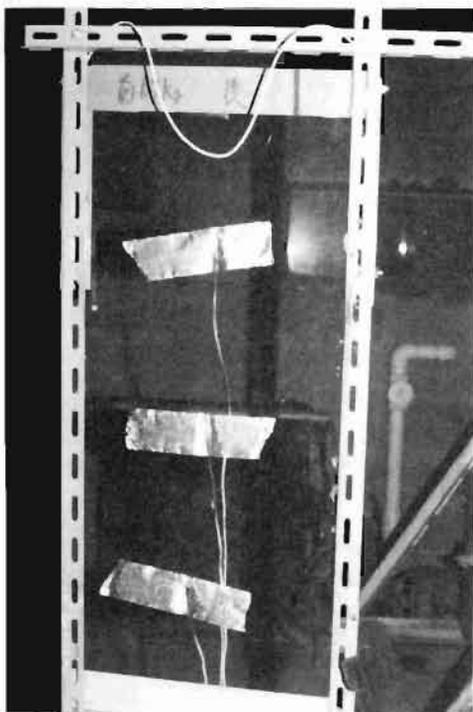


写真10 実験開始前の状況

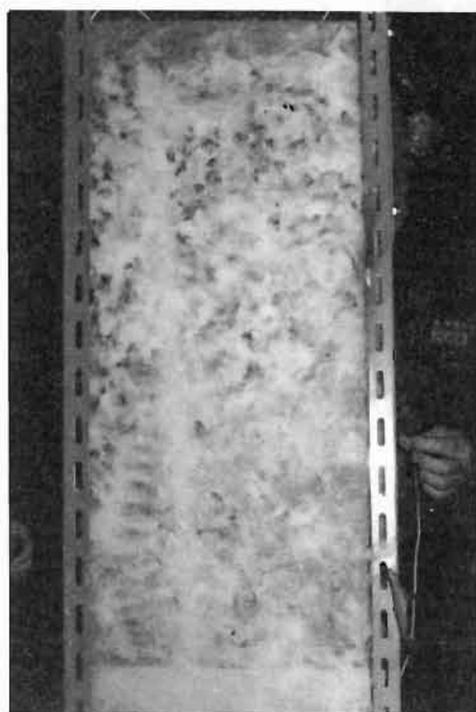


写真12 実験開始前の状況

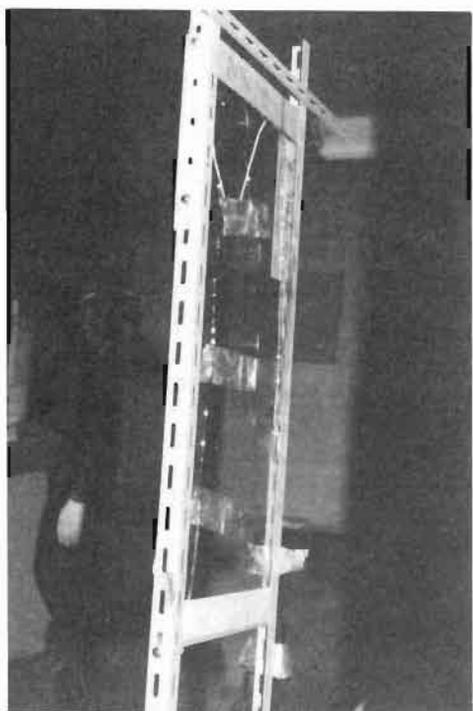


写真11 実験終了後の状況



写真13 実験終了後の状況

表1 ゲル及びハイゲルの付着量変化

	ゲル処理合板	ハイゲル処理合板
実験開始前①	1308 g	1303 g
実験終了後②	852 g	869 g
(①)-(②)	456 g	434 g

ウ 目 視

各試験体の目視観測結果は、表2及び3に示す結果となった。(表2及び3参照)

エ 気 象

天候：雨，風位：北々西，風速：3.2m/sec，気温：13.3°C，湿度：80%

(6) 考 察

予備実験結果から、延焼抑制効果についてゲル及びハイゲルの試験体を他の試験体と比較し考察すると次のとおりである。

ア 合板について

一般に、木材の引火点は熱分解が盛んになる260°C前後で、発火点は450°C前後にある。

このことから、各試験体の受熱温度測定結果を基に比較すると、熱分解が盛んになる260°C前後の温度に達しているのは、未処理合板と水処理合板である。

ゲル及びハイゲル処理合板は、いずれも実験を終了した10分後まで100°C以下であり、ゲ

表2 各試験体別の目視観測結果 (合板)

分 秒	未 処 理 合 板	水 処 理 合 板	ゲ ル 処 理 合 板	ハ イ ゲ ル 処 理 合 板
0 30	合板，そり開始	表面が乾燥状態	水蒸気上昇開始	変化なし
1 00		合板，そり開始		水蒸気上昇開始
1 30	白煙上昇始まる			
2 00	表面変色（茶色）	白煙上昇始まる	水蒸気のみ上昇	水蒸気のみ上昇
2 30	白煙上昇増加	表面変色（茶色）		
3 00	前面が全体的に茶色		水蒸気のみ上昇	水蒸気のみ上昇
3 30		白煙上昇増加		
4 00	前面がほとんど黒色		水蒸気のみ上昇	水蒸気のみ上昇
4 30	白煙の量も増加	前面がほとんど黒色 煙の量も増加する		
5 00	前面から全体的に白煙上昇	前面がほとんど黒色 煙の量も増加する	水蒸気のみ上昇	水蒸気のみ上昇
6 00	そり激しくなる	そり激しくなる		水蒸気のみ上昇
6 30	背面黒色に変化	ひび割れが入る	ゲルの付着していない 黒色になる	水蒸気のみ上昇
7 00		下部がおきの状態		水蒸気のみ上昇
7 15	右端一部おきの状態			
7 30	おきの状態が拡大 表面亀裂がはいる			
8 00		中央部に亀裂，おきの 状態が全面に拡大		表面のところどころ に白い斑点を確認
8 30		合板の一部落下		
9 00	熱電対T ₁ 落下	実験終了	ゲルの厚さは開始時 に比べ薄くなった。	
10 00	実験終了		実験終了	実験終了

ル及びハイゲル処理をしたものは、他の試験体と比較し延焼抑制効果の面で効果があることが確認された。

この実験結果から特筆される事項としては、水処理合板が未処理合板よりも温度が高く、かつ、実験終了時の10分後には原形を留めていなかったことである。

本来、水処理をした場合は、水が吸熱するため、未処理のものと比較した場合、温度が低くなると考えられるからである。

この点に注目して図1と図2を比較して見ると、水処理の場合、水の吸熱効果が現れているのは3分後までであることがわかる。以降は、水処理合板が受熱したことによって水分が気化する際、試験体の受熱温度に応じた水の吸熱差が生じ、合板の乾燥状態に変化が生じたため、亀裂が入り原形を留めなかったものと推定される。

表3 各試験体別の目視観測結果(ガラス板)

分	秒	未処理ガラス	ハイゲル処理ガラス
1	00	ガラスにヒビが入る。	変化なし
1	30	ガラスにヒビが2本入る。	水蒸気上昇
2	00		水蒸気上昇
2	30	ガラスの一部落下	水蒸気上昇
3	00	ガラス全面落下	水蒸気上昇
3	15	実験終了	水蒸気上昇
4	00		ハイゲルが落下し始める
4	30		ハイゲルが落下激しくなる
5	20		ガラスの一部破損、落下
6	00		ガラス全面落下、実験終了

イ ガラス

ガラスにあつては、未処理ガラスとハイゲル処理ガラスの2種類について実験を実施したが、未処理ガラスに比べハイゲル処理ガラスの方が、亀裂の面では5倍、落下の面では2倍の差が生じていることが目視観測結果により確認された。

また、図8の温度測定結果から、ハイゲル処理ガラスの裏面温度は4分30秒後まで100℃以下であり、ハイゲル層によって受熱によるガラス破損防止効果が現れていることが確認された。

3. 実大火災実験における延焼抑制効果の把握

(1) 本実験のねらい

本実験は、予備実験で確認された付着性の高いハイゲルを用いて、実大火災実験で、その輻射熱の抑制効果を把握するため実施した。

(2) 実施日時

昭和61年11月19日 10時45分～11時00分

(3) 実験場所

江東区有明三丁目12番地
第一消防方面訓練場燃焼室

(4) 実験方法

火災棟を想定した燃焼室の開口部から1m離れた位置に試験体である杉材(2800mm×150mm×20mm)を立て、燃焼室からの延焼抑制効果を確認した。

なお、試験体にあつては次の3種類とした。(図9参照)

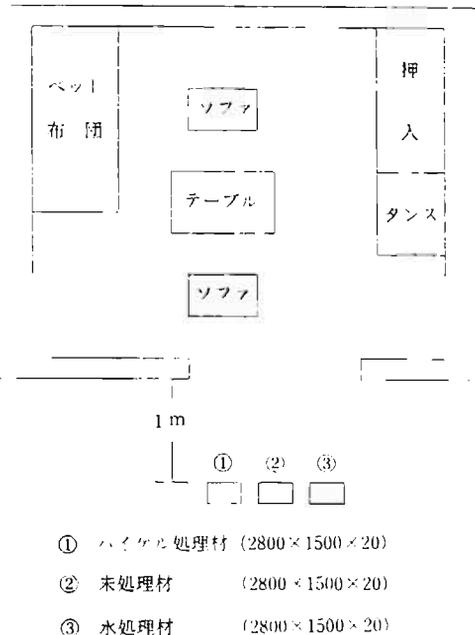


図9 測定概要図

- ア 未処理の杉材 (以下「未処理材」という。)
杉材表面に何も処理しないもの
イ 水処理をした杉材 (以下「水処理材」という。)

実験開始直前、杉材表面にフォグガンで1分間注水したものの

なお、この付着水量にあつては230gであつた。

ウ ハイゲルを付着させた杉材（以下「ハイゲル処理材」という。）

杉材表面にハイゲルを厚さ5mm平均で3kg付着させたもの

(5) 測定項目

ア 温度

燃焼室開口部における温度変化を測定するため、熱電対を開口部の中央部垂直方向に3点、各杉材の表面温度変化を測定するためにそれぞれ3点、計12点の熱電対を設置した。

なお、各杉材の測定点は、燃焼室の床面を

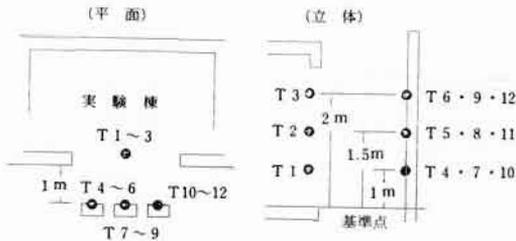


図10 温度測定位置図

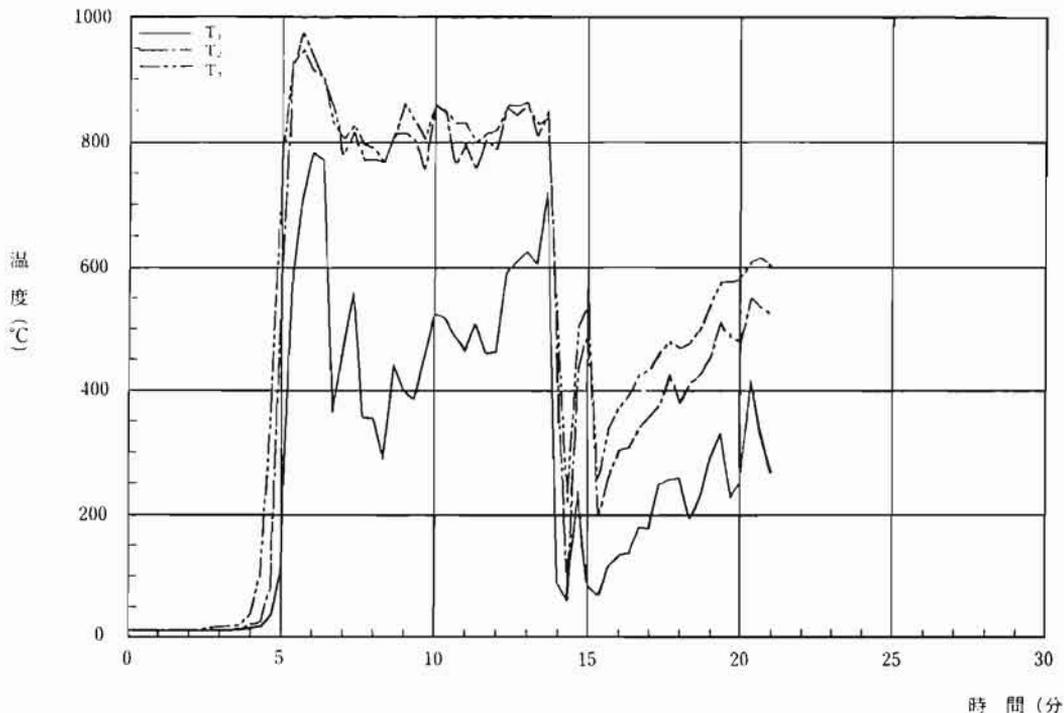


図11 開口部の温度変化

基準とし、図11に示す位置とした。(図10参照)

イ 目視

燃焼室開口部からの火炎等の噴出状況及び杉材への延焼状況を確認するため、観測員を配置し、その状況を記録した。

ウ 映像

燃焼室開口部からの火炎等の噴出状況及び杉材への延焼状況を確認するため、移動ビデオ1、移動カメラ1を配置し、その状況を記録した。

(6) 実験結果

ア 温度変化及び各杉材への延焼状況

(7) 燃焼室開口部

燃焼室開口部の温度変化は、図11に示すとおりととなった。(図11参照)

当該開口部の温度変化は、火点からの炎が天井に燃え移った時点である点火から4分経過時（以後、時間表示は点火時からの経過時間とする。）から急上昇ははじめ、4分30秒後には同開口部から火炎が噴出し、6分後には、 $T_2 \cdot T_3$ とも970°C以上の温度を示した。

その後、 $T_2 \cdot T_3$ とも800°C前後の温度変化が消火時の14分まで継続した。

測定点が下部である T_1 にあつては、6分後に780°Cまで上昇したが、その後は、 T_2 ・ T_3 の温度に比べ低い温度を示していた。

(イ) 未処理材

未処理材の各測定点における温度変化は、図12に示すとおりとなった。(図12参照)

各測定点の温度は、4分後から急上昇し、5分30秒後には、 T_7 が200°C、 T_8 が260°C、 T_9 が350°Cを示した。

また、目視記録によると、5分30秒後に杉材は、燃焼室開口部から噴出する火炎に包まれると同時に上部の端の部分は、着火、延焼し始めたことが確認された。(写真14参照)

その後も杉材は、開口部より噴出する火炎に包まれている状態が続き、各測定点の温度はいずれも上昇傾向を示し、消火時の14分には、 T_7 が520°C、 T_8 ・ T_9 が580°Cを示した。



写真14 各杉材の延焼状況
(5分30秒後)

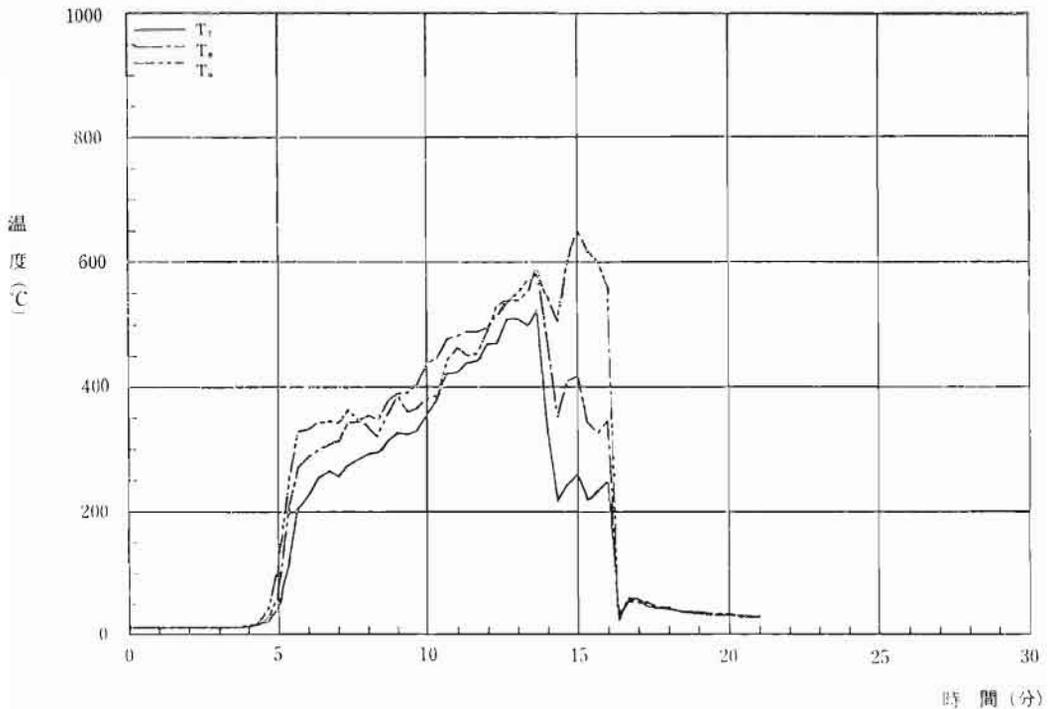


図12 未処理材の温度変化

実験終了後の未処理材は、全面黒色に炭化しており、特に上部に向かって焼き状況は強く認められ、先端から55cmの部分は焼失していた。(写真15参照)

(ウ) 水処理材

水処理材の各測定点における温度変化は、図13に示すとおりとなった。(図13参照)

各測定点の温度は、4分後から上昇をはじめ、その上昇傾向は概ね直線的であった。

目視観測によれば、5分30秒後に杉材は燃焼室開口部から噴出する火炎に包まれ、その部分に着火、延焼しはじめたことが確認された。

各測定点の温度は、その後も上昇を続け、消火時の14分に T_{10} ・ T_{11} は470°C、 T_{12} は590°Cを示した。

消火後の焼き状況は、杉材全面が炭化し、基準点から上部に向かうにつれて強く認められ、先端から40cmの部分は焼失していた。(写真15参照)

(エ) ハイゲル処理材

ハイゲル処理材の各測定点の温度変化は、図15に示すとおりとなった。(図14参照)



写真15 消火後の各杉材の状況

各測定点の温度は、6分後から上昇しはじめたが、その上昇傾向は未処理材と比較し緩やかであった。その後、各測定点とも温度が100°Cを越えた時点より急上昇し、消火時の14分に T_4 は340°C、 T_5 は300°C、 T_6 は470°Cを示した。

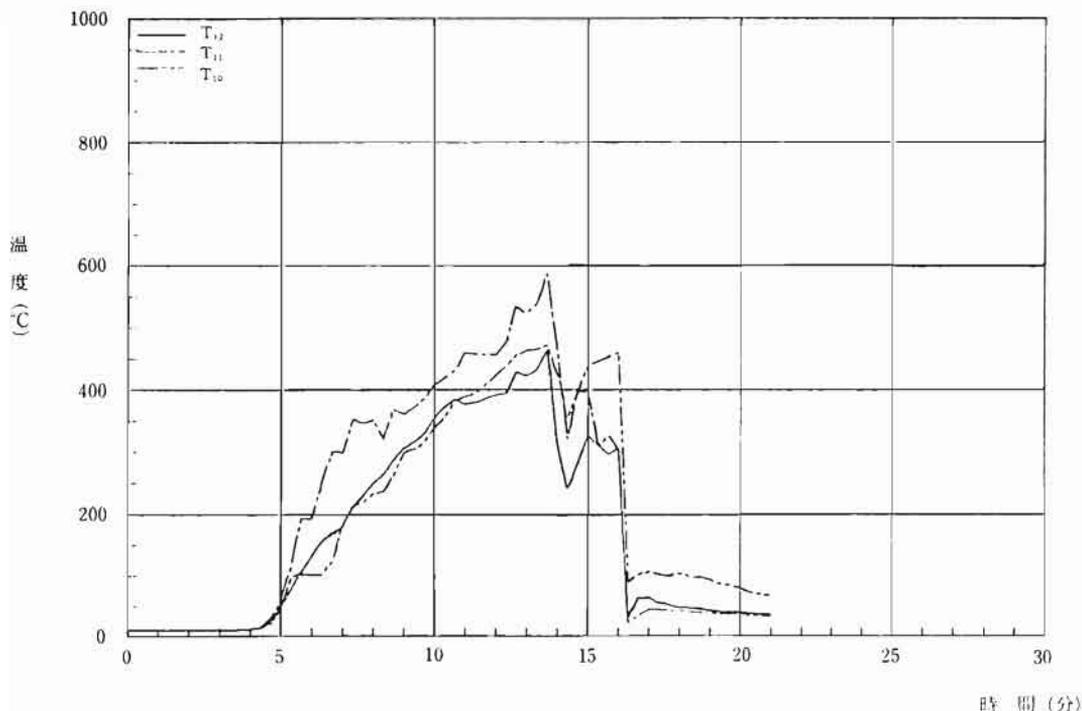


図13 水処理材の温度変化

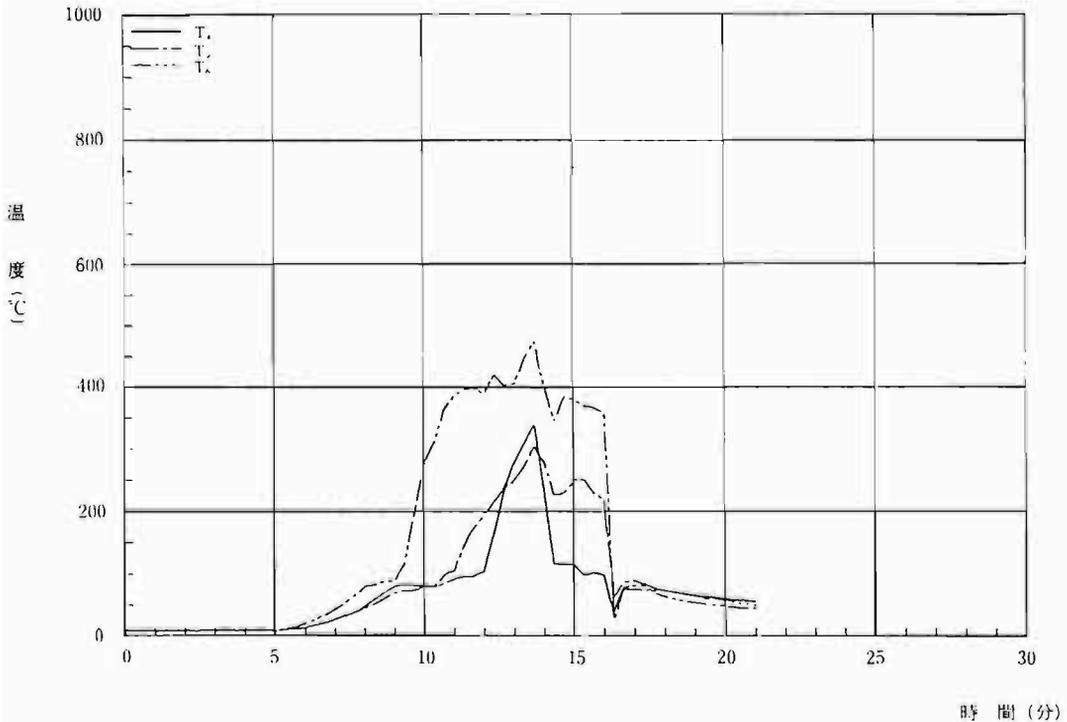


図14 ハイゲル処理材の温度変化

目視観測によれば、8分20秒後には杉材の上部の端の部分には炭化が見られるが、着火、延焼は認められなかった。

9分後には、杉材の上部からハイゲルが流下しているのが認められた。

9分30秒後までは杉材の着火は認められず、表面から白煙が噴出している状態であった。

10分後になると、杉材上端部分の炭化現象が激しくなり、消火時の14分に上端の炎に包まれている部分が若干延焼しはじめたことが確認された。

消火後の杉材の状況を見ると、ほぼ原形を留めており、焼き状況は、基準点から50cmまでの部分は端が一部炭化しているのが認められるが、実験開始前とほぼ同じ状態であった。

ハイゲルの状態は、炭化していない部分に付着しているのが認められるが、炭化している部分にはゲルと増粘剤（粉末のり）が熱分解によって生成されたものと思われる白い粉末状のものが確認された。（写真15参照）

(7) 考察

ア 延焼抑制効果について

燃焼室からの延焼抑制効果を確認するため、燃焼室開口部からの火炎に包まれなかった部分の各杉材における基準点から150cmの位置にある測定点 T_5 ・ T_8 ・ T_{11} の温度変化について比較したのが表4である。（表4参照）

表4 各温度測定時間表

項目 \ 種別	未処理材	水処理材	ハイゲル処理材
温度上昇開始時間	4分30秒	4分30秒	5分30秒
木材の絶乾温度 (100°C)	5分00秒	5分30秒	11分00秒
木材の引火温度 (260°C)	5分40秒	8分30秒	13分30秒
木材の発火温度 (450°C)	10分20秒	12分00秒	達していない

この表から、各杉材の測定点において温度上昇が見られるのは、 T_8 (未処理材)、 T_{11} (水処理材)とも4分後からであり、この時間は開口部の温度が上昇しはじめた時間と一致している。また、その温度上昇傾向は、温度測定結果（図12及び13）から見ると水処理材は

未処理材に比べ緩やかであり、注水による遮熱効果が認められている。これに対してハイゲル処理材は、温度上昇が始まったのは5分30秒後であり、その後の温度上昇傾向も水処理材に比べて緩やかで、ハイゲル処理をしたことによって温度上昇を抑制する効果があることが確認された。

木材の絶乾状態となる100°Cに達した時点は、未処理材で5分後、水処理材で5分30秒後であるのに比べ、ハイゲル処理材においては11分後であった。また、木材の引火温度である260°Cに達するまでの時間は、未処理材で5分40秒後、水処理材で8分30秒後、ハイゲル処理材で13分後であった。さらに木材の発火温度と言われている450°Cに達した時点と比較すると、未処理材が10分20秒後、水処理材が12分後に達しているのに対し、ハイゲル処理材は、消火時の14分においても300°Cと低く、他の処理材に比べて顕著な延焼抑制効果が認められた。

イ 杉材の炭化状況について

実験終了後の杉材の炭化深さを測定するため、各杉材を基準点から50cmごとに切断して炭化深さを確認した結果は表5に示すとおりであった。(表5参照)

表5 各杉材の炭化状況

種別	未処理材	水処理材	ハイゲル処理材
断面A (200cm)	焼失	焼失	8 mm
断面B (150cm)	13 mm	12 mm	7 mm
断面C (100cm)	13 mm	10 mm	8 mm
断面D (50cm)	13 mm	9 mm	0 mm
断面E (0cm)	10 mm	5 mm	0 mm

各切断面における炭化深さを比較すると、いずれの部分においても未処理・水処理・ハイゲル処理の順に強く認められ、ハイゲル処理したことによる延焼抑制効果が認められた。

この各処理材の断面の状況は、写真16から20に示すとおりである。(写真16~20参照)

本測定結果から特筆されることは、ハイゲル処理材の下部にあっては、ハイゲルが熱を受けて熱分解し、流下したため下部の厚みが増したことから、下部は上部に比べより顕著

な延焼抑制効果が認められた。

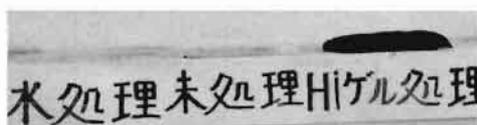


写真16 各杉材断面A (基準点から200cmの部分)

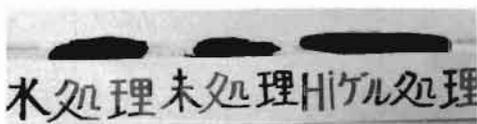


写真17 各杉材断面B (基準点から150cmの部分)

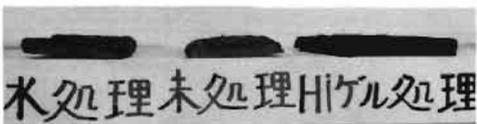


写真18 各杉材断面C (基準点から100cmの部分)

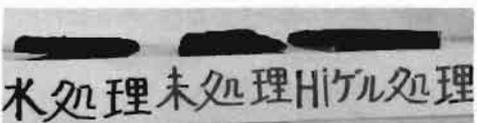


写真19 各杉材断面D (基準点から50cmの部分)

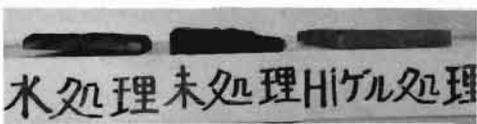


写真20 各杉材断面E (基準点の部分)

4. ま と め

これまで、各種表面処理の相違における延焼抑制効果を把握する予備実験及び実大火災実験を通して、ゲル化剤利用による効果を検討してきたが、その結果をまとめると次のことが言える。

- (1) ゲル及びハイゲル処理をしたものは、未処理及び水処理をしたものと比較して顕著な延焼抑制効果がある。
- (2) ゲル及びハイゲルの付着処理方法としては、付着面の上部に向かって厚くなるように塗布すれば、輻射熱を受けてゲル及びハイゲルが熱分解し流下するため、下部の延焼抑制効果を高める。
- (3) ガラス面にゲル又はハイゲルを付着させる場合は、ゲルよりも粘性の高いハイゲルに効果がある。

- (4) 水処理の場合、水は流動性が高いため、注水量に比較して付着量が少ないことから、延焼抑制効果時間が短いため、継続した予備注水を行う必要がある。

以上、ゲル化剤の延焼抑制効果について述べたが、このゲル及びハイゲルを木造密集地域等での延焼火災時に、延焼危険の大きい面へ活用を図るならば、他棟への延焼阻止の面でかなりの効果が期待できることが本研究を通して把握されたものである。

なお、ゲル化剤利用による延焼抑制効果及び水損防止効果についての一連の研究を通して一応の成果を得ることができたことから、本研究を本報をもって終了する。

また、消防活動等における実用面について主管課等と協議し、対応を図って行く予定である。