

発泡性防火塗料

武田薬品工業(株)化成品研究所 萩 野 克 彦
安 田 清

1. はじめに

最近のテレビ・新聞等で報じられたビル火災の悲惨な地獄絵は、記憶に鮮かなところである。また、ホテルや旅館の火災をはじめ、百貨店、学校、飲食店や、自動車、鉄道車輛などの火災も少くない。今日では、過度の人口集中化に加え、高層建物、地下街の伸長などによって、火災による被害は年々増大してきている傾向にある。

本稿では、火災における安全性または危険性を大きく支配する要素のうち、内装の防火と、建築構造部分の耐火に関連して、発泡性防火塗料について述べる。

2. 内装の防火

火災の初期に重要な役割をもっているのは内装であり、中でも天井と壁が主要である。何らかの原因によって火災が発生すると、たとえ炎が天井に届かない場合でも、上昇する高温気流および輻射熱によって天井は過熱され、可燃天井の場合は熱分解されて可燃性ガスが放出されるようになる。このガスは高温で軽いので、天井面に沿って流動し滞留しているが、空気との適当な混合率に達すると爆発的に燃焼し、火災室内の表面可燃物を一挙に燃えあがらせる（フラッシュオーバー）働きをする。壁際に火災が発生した場合は、壁が燃焼媒体となり、あるいは炎を天井に導く働きをするので、フラッシュオーバーの時期が早い。フラッシュオーバーは、天井や壁が燃え易い場合ほど、当然その起る時期が早い。フラッシュオーバー以降は、それ以前の煙が

灰白色であったものが、暗黒色に変わり、火面の面積が室内全面に拡大されるため、放出される煙の量も圧倒的に多くなる。また、火面の拡大に見合う空気供給がなされないので不完全燃焼となり、煙と有毒ガスの発生によって危険が著しく増大する。

従って、避難上の安全を図るために、フラッシュオーバーを起こすことのない燃え難い材料、しかも発煙性の低い材料を内装材料に選ぶ必要がある。この基準となる試験法は我国ではJIS A1321（建築物の内装材料および工法の難燃性試験方法）である。

本来不燃性である無機材料の場合は、燃焼性に関する点では問題はないが、価格、美粧性、作業性などの点で不満足なことが多い。そこで、本来可燃性である木質材料やプラスチック製品を何んとか燃え難くして用いようという次のような試みが多くなされてきた。

プラスチック製品の難燃化法は大別すると、①プラスチック自身を難燃化させる方法と、②難燃剤を添加する方法——に分けられる。①の代表例としては、ポリエステル樹脂と反応型難燃剤であるヘット酸（クロロエンド酸）を共重合させる方法、または硬質ウレタンに含リンポリオールを化学結合させる方法などである。②の難燃剤添加による方法が現在では最も一般的な方法で、三酸化アンチモン、有機ハロゲン化合物、含ハロゲンリン酸エステル類などが多く使用されている。しかし、これらの難燃化プラスチックの普及はまだまだ立遅れているといえる。その理由に技術的経済的な問題がある。即ち①の方法では樹脂コストが大きく上り、②の方法ではポリマー

本来の物性を劣化させたり、加工性を悪くさせたりする点である。更に難燃加工された高分子材料が、火災発生時に不完全燃焼を起して、大量の煙と一酸化炭素を発生し、更に添加された難燃材自身が有毒ガスに転化するなどの難点がある。

一方、木質材料においては、リン酸アンモニウム、リン酸尿素などの防火処理液中に浸漬して防火剤を含有させる方法がある。しかし含浸した難燃化薬剤は水に溶け出したり、湿気でべとついたりするなどの問題がある。

このように可燃性内装材料を難燃化薬剤によってもえにくくする方法には種々の難点がある。そこで、内装材料自体はそのまま、表面に防火塗料を塗る方法が注目されるようになった。

3. 防火塗料

広義の防火塗料には、本稿で後に述べる発泡性防火塗料の他に非発泡性防火塗料が含まれる。

(1) 非発泡性防火塗料

(a) 不燃塗料

水ガラスや金属リン酸塩（たとえばリン酸アルミニウム）をそれぞれ主体として硬化剤を加えて完全硬化させた無機質系塗料がある。不燃性の対象物にこの塗料を塗れば、塗装物全体として不燃性になるが、塗料自体には断熱性はないので、可燃性物体をこの塗料で不燃化することはできない。

(b) 難燃塗料

有機質系の塗料に難燃剤を添加して燃え難くした塗料である。添加する薬剤はプラスチック類の難燃化に用いる薬剤と同様のものである。また、原料塗料の樹脂自体を燃えにくくしておけば更に好ましいので、塩ビ系、塩化ゴム系、フタル酸系樹脂などを用いることが多い。この難燃塗料も、可燃性の塗装対象物を燃えなくするだけの断熱性はない。

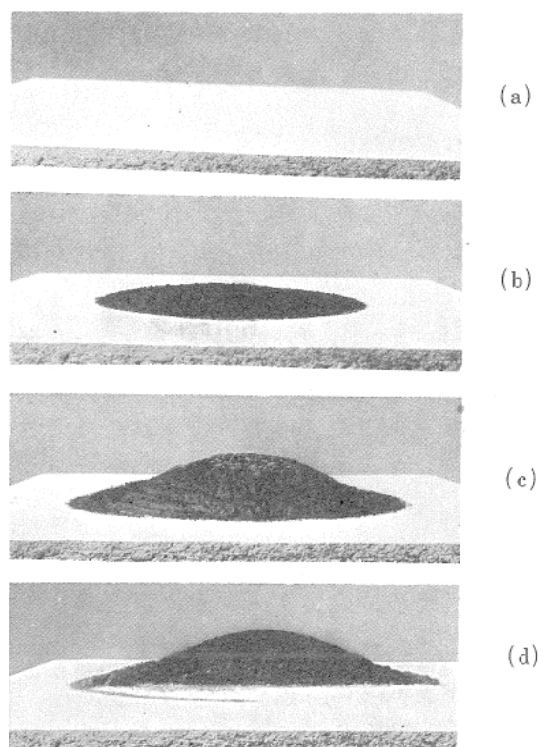
(2) 発泡性防火塗料

火災や高温に接することにより発泡するよ

うな物質を含み、しかも発泡層が断熱性のある炭化層をつくることのできる塗料である。

発泡剤としては、リン酸アンモニウム、ポリリン酸アンモニウム、尿素、ジシアングリアミドなどがあり、リン酸塩の場合は、熱分解して生成する縮合リン酸が発泡層の炭化を促進する働きもある。好ましい樹脂としては、尿素樹脂、メラミン樹脂、酢酸ビニール樹脂などがあげられる。また、でん粉やペンタエリスリトールのような多価アルコールを添加すると、発泡性が大きくなり、炭化層も丈夫になるのでよく用いられる。一方、水ガラス系の発泡性防火塗料もあるが耐水性に劣る難点がある。

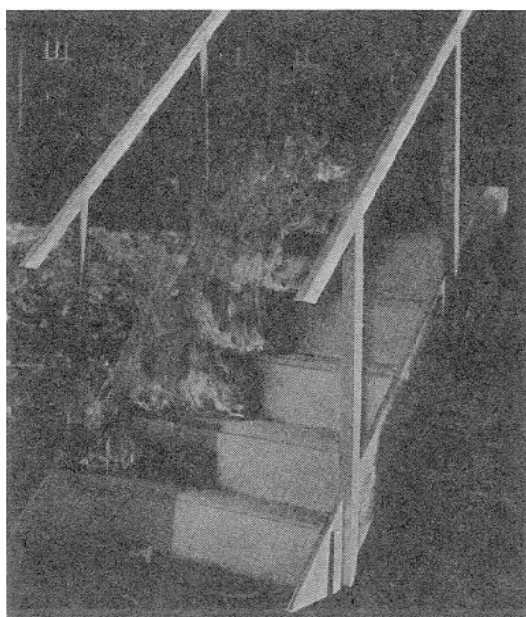
この発泡性防火塗料や塗膜の外観は、一般の塗料やマスチック塗料のそれと何ら変らない。しかし、火災や高温に接すると、300℃前後から徐々に発泡と炭化が始まり、第1図のように0.1mm程度の細かい泡からなる緻密な炭化層が5～100mmの厚さで表面に形成されるのである。



第1図 発泡炭化層

発泡性塗料を塗ったボード(a)に炎を当てると次第に発泡炭化し(b)，更に加熱を続けると大きく発泡する(c)。この切断面(d)には、緻密な泡が観察される。

4. 発泡性防火塗料による可燃物の防火

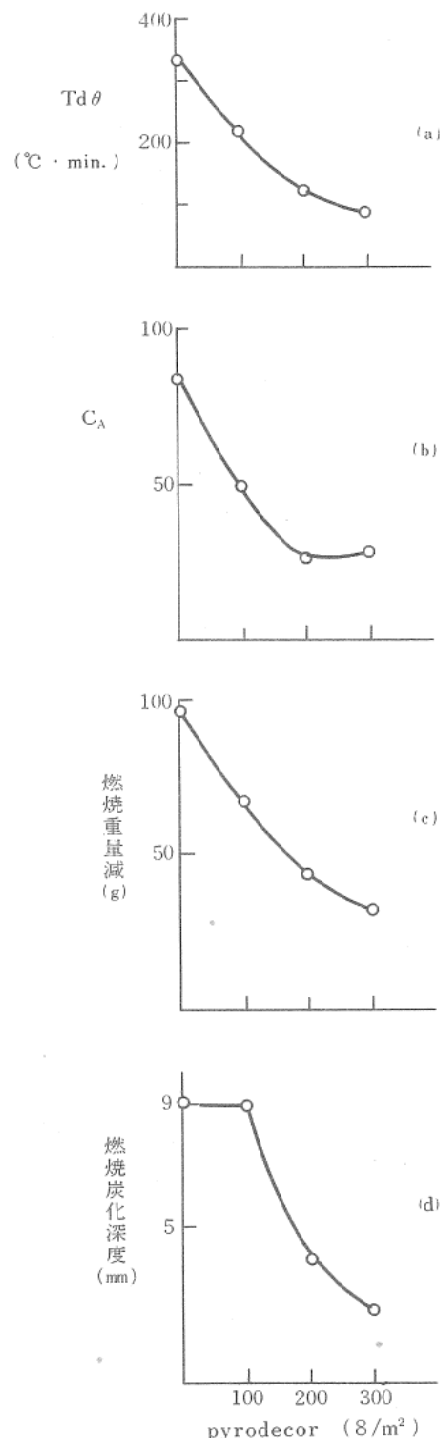


第2図 発泡性塗料の防火効果

木製階段の右側には発泡性防火塗料を施してあるので燃えていない。

可燃物の表面に発泡性防火塗料をスプレー、刷毛、ローラーなどで $50 \sim 400 \text{ g/m}^2$ ($20 \sim 300 \mu$) 位塗装して燃え難くすることができる。(第2図)。この発泡性防火塗料は一般には不透明であるが、木質材料の秀れた風合を生かしたい場合には透明なものが求められる。Desowag-Bayer Holzschutz GmbH(Düsseldorf, 西独)の“Pyrodecor”はこれに適った透明発泡性防火塗料であり注目される。この塗料を各種合板に塗装し、JIS A 1321によってその防火性能を調べた結果¹⁾によると、未塗装合板に比較して、JISに規定している項目のうち、①激しく燃えはじめる時間を遅らせ、②燃焼時の発熱量、③煙発生量、④残炎時間、および⑤裏面に達する亀裂の発生——を小さくまたはなくする効果があった。更に、燃焼試験による加熱重量減少も小さくなり、合板の炭化の程度も減り、発泡性防火塗料の効果は顕著であった。第3図にその結果の一例をあげる。

このような透明発泡性防火塗料の利用はまだ端緒についたばかりであるが、美粧性を兼



第3図 透明発泡性防火塗料 Pyrodecorの防火効果。

厚さ9mmの普通合板に $100 \sim 300 \text{ g/m}^2$ 塗装してJIS A 1321の表面試験(6分加熱)を行った結果、(a)発熱量に対応する $Td\theta$ 、(b)煙の発生量を示す C_A 、(c)燃焼時の合板の重量減少、(d)同じく炭化深度——のいずれもが塗装によって小さくなり、Pyrodecorの防火効果の大きいことを示す。

ねた仕上材として今後の発展が期待される。

5. 建築構造部分の耐火

耐火建築のうちでも、我が国の鉄骨造は超高層建築の出現とあいまって大きな伸びを示している。この鉄骨建築の主体構造材である鋼材は高温時における強度低下が著しく、500℃でその強度の約半分を失う。従って耐火被覆材で鋼材を守る必要がでてくる。更に、建造物の高層化は建物自体の軽量化を要求するので軽量耐火被覆材が必要になってくる。

耐火被覆材の性能は JISA 1304（建築構造部分の耐火試験方法）による耐火時間であらわされる。この試験では、耐火被覆した鋼材に対し、火災に準じた加熱（15分後760℃、30分後840℃、1時間後925℃、2時間後1010℃、3時間後1050℃）を行い、その鋼材の表面温度及び裏面温度を数点で測定し、それらの温度が所定の耐火時間において、第1表の値でなければならない。

建築基準法施行令では、耐火建築に必要な耐火時間を第2表に示す如く、階数によって規定している。

この目的に適う耐火被覆材の主なものは、吹付石綿、吹付ロックウール、けい酸カルシウム板、石綿成型板、ロックウール成型板などである。これらは1時間耐火のためには25～50mmの厚さを必要とし、従って被覆材の重量も無視できない。また施工性にも問題が多々あるので、更に軽量で施工性に秀れた耐火被覆材が望まれていた。

断熱のための熱伝導率の点からみると、発泡性防火塗料からできる発泡炭化層の熱伝導率は、従来の耐火被覆材のそれと同程度か、あるいはより小さい。従って従来の耐火被覆材と同じ厚みの発泡炭化層を与える発泡性防火塗料を鋼材に塗装すれば耐火被覆材としての目的を果たすことになる。しかし、ここで発泡性防火塗料に特有の疑問が生じる。即ち①700～1000℃の高温で発泡炭化層が安定に長時間その低い熱伝導率を保つことができるか。更に②もしこの発泡炭化層が劣化して断熱性が低下した時には、その下層の未発泡塗膜が次に発泡して新しい発泡炭化層を形成する必要が生じるが、その場合、概に100～300℃で加熱され続けてきたこの未発泡塗膜に、

第1表 耐火試験合格基準

	鋼材の表面温度		鋼材の裏面温度
	最 高	平 均	最 高
柱・梁	450℃以下	350℃以下	
壁・床	500℃以下	400℃以下	260℃以下

第2表 建築物の階数及び部分による耐火性能区分

建築物の部分 建築物の階数	壁				柱	床	はり	屋根
	間仕切壁	外 壁						
		耐力壁	非 耐 力 壁					
			延焼のおそれのある部分	延焼のおそれのある部分以外の部分				
最上階から数えて 0 ～ 4 までの階	1 時間	1 時間	1 時間	30 分	1 時間	1 時間	1 時間	30 分
最上階から数えて 5 ～ 14 までの階	2 時間	2 時間	1 時間	30 分	2 時間	2 時間	2 時間	
最上階から数えて 15 以上の階	2 時間	2 時間	1 時間	30 分	3 時間	2 時間	3 時間	

まだ発泡力が残されているか。——これらの疑問の解決は極めて困難ではあるが、数多くの系統的実験により、耐火被覆材としての条件に適う発泡性防火塗料を作り出すことがほぼできるようになってきた。このような耐火被覆用の発泡性防火塗料は、一般にマスティックであり、こてやスプレーガンで m^2 当り1～5kg (0.5～4mm) 塗られる。

このような発泡性防火塗料を耐火被覆材として用いた場合、従来のけい酸カルシウム板や吹付岩綿などの耐火被覆材と比較して次のような特徴をもっている。

① 薄くて軽量である。——1時間耐火の場合、従来の材料では厚さ25～50mm、重量8～14 kg/m^2 を要したが、発泡性防火塗料では厚さ2～3mm、重量2～3 kg/m^2 ですむ。即ち厚みを10分の1、重量を約4～5分の1に減らすことができる。

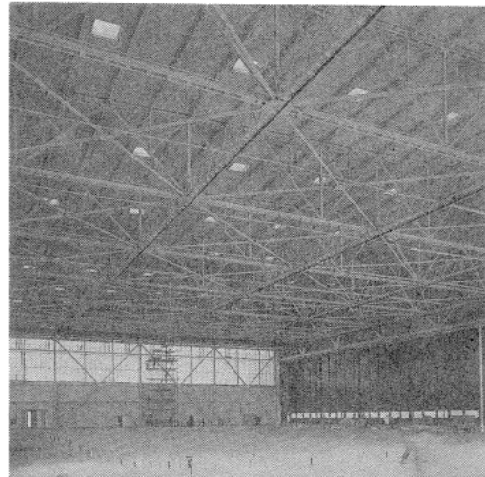
② 施工が簡単である。——特に、複雑な形状の部位に関しては、成型板取付けよりはるかに容易である。

③ 仕上げを兼ねることができる。——着色した仕上げ塗料を薄く塗れば仕上るので、内装も兼ねることができる。

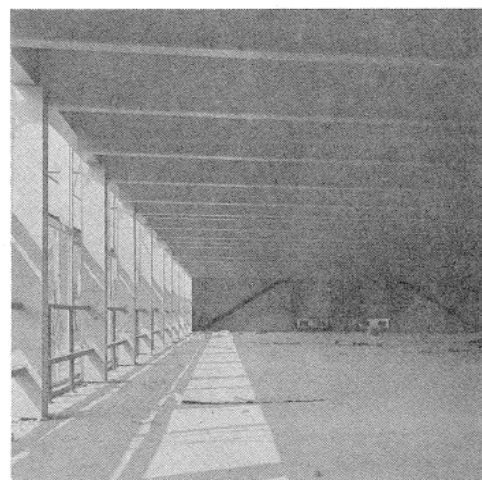
④ 現場施工時間の短縮。——前もって工場で塗装しておいた鋼材を組立てることができれば、現場では組立て後の補修部のみ塗装することですませることができる。

耐火被覆用の発泡性塗料の具体例として、前出 Desowag-Bayer 社の“Pyrotec S-30”を紹介する。

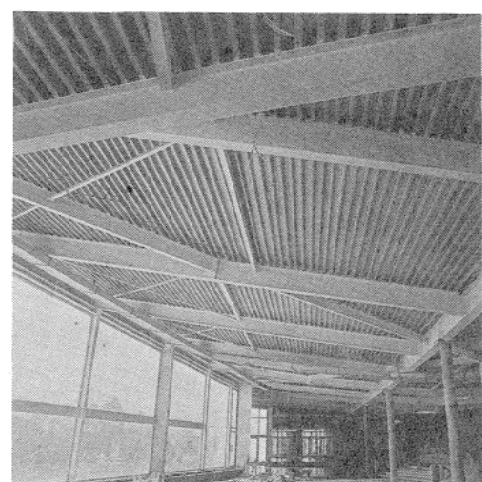
これは本来鉄鋼被覆を目的として開発されたものであってヨーロッパでの施工実績は多い(第4図)。この塗料の耐火時間は30分であり DIN (ドイツ工業規格) 4102に合格している。この塗料は水中に2週間浸漬しても、温度50℃、湿度95%に5日間保っても、また、ウエザオメーターで1000時間の促進耐候試験を行っても、耐火性能の劣化は起らない。これらの性能は、耐水耐湿性に劣る初期の発泡性防火塗料に比べて大きな進歩である。



(a)



(b)



(c)

第4図 Pyrotec S-30の施工例
(a)軍の航空機格納庫、(b)Düsseldorfの駐車場、
(c)Wolfsburg公会堂、主に梁の部分に用いられている。

第3表 Pyrotect S-30の塗装量 (kg/m²)

塗装部分	下塗り (防錆塗料)	中塗り (発泡性防火塗料)	上塗り (仕上塗料)	膜厚 (mm)
柱	0.2	0.95	0.2	0.86
梁	0.2	0.65×2	0.2	0.90

1940年のDINには“性能の持続性を確認するために、試験体は屋根裏部屋に置き、1, 3, 5, および10年後に試験をくりかえすこと”との規定があり、今日では、この手続が少々変ってはいるが、依然この精神が生かされており、このPyrotect S-30もその規定に沿ったものである。即ち、塗膜が機械的に破壊されない限り、長期間にわたり耐火性能の変らないという点が、この発泡性防火塗料の大きな特徴である。

この塗料は、下塗、中塗、上塗にわかれており、上塗は10色、中塗は2色ある。中塗を2回塗りする場合、2色を使い分ければ塗りむらが少なくなる利点がある。この塗料の使用量は第3表の通りである。

塗装には、刷毛またはスプレーガンが使われる。後者の場合、下塗、上塗は通常の汎用スプレーガンを、中塗にはノズル径3～4mmのスプレーガンで空気圧2～5気圧位が望ましい。塗装後は1～2時間で指触乾燥し、12～24時間で完全乾燥する。塗装間隔は24時間である。

尚、このPyrotect S-30は30分耐火用であるが、1時間耐火についても研究がなされており、ほぼ完成しているとのことである。

6. 世界の発泡性防火塗料

発泡性防火塗料に関する研究は多く、特許、実用新案は日本だけでも100件近く出願されている。しかし販売量はまだ微々たるものである。ある塗料業者の推定²⁾によると、1973年の米国での発泡性防火塗料の販売量は、防火用が100万ガロン(3800Kl)、耐火用が50万ガロン(1900Kl)である。これは米国の全塗料10億ガロンの0.15%にすぎない。発泡性防火塗料の1当りの価格は、普通塗料の

それと大差はないが、普通塗料の数倍の厚さに塗る必要があるのでコストが普及上のネックになっている。従来品は更に性能上にも種々の難点が見うけられていたが、それが大きく改良されてきた今日、年30～35%の伸びが見込まれている。また、古い木造建造物の難燃化を法規で求めるようになると、市場は飛躍的に拡大すると関係者は考えている。

米国では次のものが著名である。

“Speedhide”はPPG Industries, Inc. (Pittsburgh, Penna.)のラテックス系発泡性防火塗料である。Albi Manufacturing (Rockville, Conn.)は“Albi Clad”を出している。Carboline Co. (St. Louis)の“Intumastic”は有機溶媒型マスティック耐火塗料である。NASAでも発泡性防火塗料を開発し、それを火災時の爆発物の保護に使うテストを行っている³⁾。アポロ計画の中で断熱に携っていた人々がAVCO Systems Division (Lowell, Mass.)で“Flameshield”を作っている。これは火災時に150倍に膨脹するという屋外にも使える発泡性防火塗料である。アポロのジェットエンジンの発射台やミサイルの断熱に用いることができるというのが、Pfeizerの“FIREX”である。これを鋼板に13mmの厚さに塗ってアセチレンの炎で加熱した際の裏面温度は150℃であるという。Enterprise Paint Mfg. Co.の“Fire Check”はUL規格に合格したラテックス系の発泡性防火塗料であり、m²当り0.3l塗って、炎の伝播と煙の発生をそれぞれ85%、75%減少させることができるという。

ベルギーではS. A. Levis N. V. (Vilvoorde)が、木部にも金属部分にも使用でき、m²当り500g塗って30分間保護するという塗料を開発している。オランダの“Inthermo”

は厚塗りを要する。

英国の原子力公社アルダーマストーン研究所は、厚さ2.5mmに塗って30分、5～6.3mmに塗って1時間の耐火性能のある塗料を開発した。

我国では、京葉アスベストと日本バルカーの“パームコートF”が防火防水防食外装材として、工場のタンクや配管などに使われている。日本ペイントの“タイカリット#20”は2液を混合して用いるタイプである。日本油脂の“カジノン”はアクリル系のものであり、油性と水性の2種がある。他には大日本塗料の“プロテックス500”，東京熱化学の“デファイロン”などがある。

これら各社の発泡性防火塗料を入手してテストした結果によると、①発泡性が低いもの、②耐水、耐湿性に劣るもの、③厚塗りしないと効果のないもの、などそれぞれに欠点が見うけられた。更に、各国で防火耐火試験法に大きな違いがあり、外国での試験成績をそのまま日本に当てはめるわけにはいかない。たとえば耐火試験では、温度測定部位や制限温度の違いから、米国<ドイツ<日本の順に厳しい試験法になっている。一方、防火試験に於ても、日本では加熱条件がきつく、煙の発生量を制限するなど、諸外国よりも厳しいといえる。

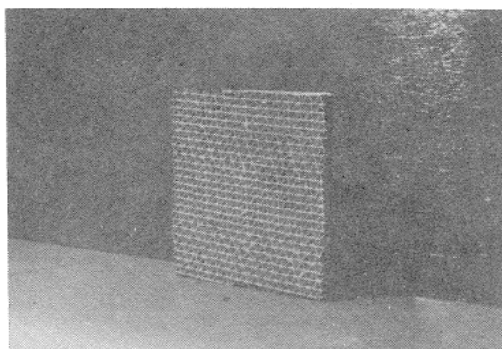
7. 発泡性防火塗料の利用

前述した、

- ① 可燃物に塗って防火する。
 - ② 建築構造部分の耐火のために、鋼材に塗る。
- 他に次にあげる利用が考えられている。
- ③ 鋼材に耐火被覆板を取付け、その上に発泡性防火塗料を塗ると、耐火被覆板が薄くて済む⁴⁾。
 - ④ 木質板などの可燃物をアスベスト紙などの不燃物で覆った後、発泡性防火塗料を塗ると準不燃物などができる⁵⁾。
 - ⑤ 合板の接着剤に発泡性塗料類似の接着剤を用いて、防火性をあげることは既によく

行われている。パーティクルボードの接着剤に用いてもよい⁶⁾。

- ⑥ 繊維に発泡性防火剤を含浸した防火帯を建造物の隙間に入れて炎の入るのを防ぐ⁷⁾。
- ⑦ 発泡剤をゴムシートに混入すると、防火断熱シートができる⁸⁾。
- ⑧ ハニカムなどの蜂窩状物を発泡性防火塗料で処理しておけば、平常は通風し、火災時には断熱することができる⁹⁾。(第5図)



第5図 ハニカムボードを発泡性防火塗料で処理したもの。火災時には発泡によって空隙が埋められて大きな断熱性を示す。

この他に種々の利用法が開発されてゆくものと思われる。

8. おわりに

発泡性防火塗料の歴史は20年以上もあるが、数年前までの商品は、高温度で表面がべとついたり軟くなったり、濡れ雑巾で擦っただけで塗膜が破れたりするなど耐湿耐水性の点でさんざんなものであり、そのために発泡性防火塗料の評判を随分落したといえる。しかし、最近品質が格段に秀れてきており、従来のような問題はなくなってきた。また透明な発泡性防火塗料も生まれてきていることも注目される。平常は普通の塗料と同じ働きをして、火災時には、発泡して基材を守るという発泡性防火塗料の特徴を生かした新しい用途が今後大きく開かれるものと思われる。

9. 文 献

- 1) 阿部, 福井, 安田, 木材学会 (1974).
- 2) Chem. Week, May 23 (1973) 41.

- 3) P. M. Sawko, E. J. Fontes, S. R. Riccitiello,
J. Paint Technology, **44** (1972) 51.
- 4) 清水建設, 特開昭48-29222.
- 5) 大倉工業, 特開昭48-1104, 28082; 野田合板,
特開昭47-30803, 40813; 日産化学, 特開昭47-
30785など。

- 6) 住友化学, 特開昭48-47555.
- 7) 松下電工, 実公昭47-5540.
- 8) 山内ゴム, 特公昭48-19171.
- 9) 武田薬品, 出願中.