

耐火塗料の性能評価(その1) 既往の文献調査

耐火塗料	防火塗料	耐火性能	正会員	植原 秀郎*1	同	遊佐 秀逸*2
			同	藤原 武士*3	同	岡 義則*4
			同	近藤 英之*5	同	関 正明*5
			同	谷辺 徹*6		

1. はじめに

本調査は、近年の鉄骨構造の主要構造部に施す耐火被覆として、発泡性耐火塗料の適用事例が増加しつつあることを踏まえ、市場に供給する各社が今後のさらなる普及が適切になされるように耐火塗料の耐火性状に関する認識を共有するために実施したものである。文献調査を実施する過程で幾つかの貴重な情報を得たのでその一部を報告する。

2. 耐火塗料及び防火塗料開発の歴史

(1) 黎明期

防火塗料の文献は古いものが多く、逆に耐火塗料の文献は近年になって発表されたものが殆どであった。それらの文献の幾つかを紹介する。

耐火塗料(防火塗料)はもともとフランス人の発明と言われており、1936年木製ドアの防火用として実用化されたとの記載が多いが、それに先立ち1933年“船の水線下横断面の形について”の文献中にはJohn Davies氏が耐火塗料を製造し、『耐火塗料は燃焼せず、且つ泡状物を生じない。(中略)従って本塗料を塗布すれば火災の虞れを少なくかつ火災の拡大を防止し得る。(中略)本塗料は木材、鉄鋼等の各種表面に各種の色を塗ることができ、防錆性を有す』と記載されており炎で燃えない塗料が紹介されている。おそらくこれが本格的な防火塗料の起源と思われる。

(2) 実用化に向けて

今回の調査では海外の文献調査が不十分であったが、国内文献の孫引き等で防火塗料の歴史をみると、先の防火塗料の起源の後、1950年頃アメリカでは合成樹脂系の防火塗料は工業化されており、“Albi R”と称する製品が日本などに向けて輸出されようとしていた。組成としてはジシアンジアミンを触媒とした尿素フォルムアルデヒド樹脂に燐酸アンモン、硼砂および粘土質を加えたもので屋内用防火塗料として優秀であったが、欠点として耐水性は悪い。

1960年代になるとアメリカで鉄骨の耐火被覆としてエポキシ樹脂系の厚膜タイプの塗料が開発された。屋外用としても使用され、主に石油、石油プラントに使用され、更にアメリカ海軍の航空母艦上に搭載された爆弾、機雷、ミサイルなどの爆発防止用にも使用されていた。1970年代のフランスおよびドイツにおいて薄膜タイプの耐火塗料が開発され、鉄骨の耐火被覆用として実用化された。この薄膜タイプの耐火塗料はポリ燐酸アンモニウムなどを主成分とする発泡型塗料であり、現在もイギリスなどで使用されている耐火塗料に近いものと推測される。その後、BS、DINで規格化、実用化され

ている。

(3) 近年の海外での状況

2000年頃のイギリスでは30分耐火要求があることと耐火塗料を施工していることで保険料が安くなることから当時鉄骨耐火被覆材の15%のシェアを得ていた。現在はさらにシェアを伸ばしており、2005年の公式統計では約40%、昨年末に筆者らが現地で得た非公式データでは約60%に達しているとのことであった。この要因として普及が進むと材工コストが安くなり、このサイクルが回り出すと従来の無機系被覆と十分に競争出来るようになりつつある状況に至っているのだと考えられる。

3. 日本における耐火塗料

日本においては、1925年、日本森林学会・林學會雑誌「防火塗料ノ製法ニ就テ(第二、森林利用)」杉浦氏によると、木材用防火塗料の性能を評価して、『珪酸曹達、滑石が有効「カゼイン」は耐水性、防火性にも良好 金属亜鉛を使用して耐水性ならし、同時に完全に防火性を保持する』との報告があり防火塗料の研究が進められていた。「建築研究報告No.3,1950年1月 無機質防火塗料の研究」森本博によると、1940年(昭和15年)頃、防火塗料は大別すると無機質防火塗料と有機質防火塗料に分けて開発されたが、『無機質塗料は一名又防火塗料とも言われ普通の塗料がオイルを伸展剤とするのに対して、水硝子またはマグネシアと苦汁を伸展剤として用いるもの』とあって、広い意味での水性塗料の一種として開発は進んだようだが、有機質系統のものは試験試作の域に過ぎなかった。また1942年(昭和17年)6月27日に防空建築規則によって始めて屋内用防火塗料規格が法規に制定されて防火地区の防火改修工事に使用されるようになったが、制定後すぐに空襲によって焼けてしまったので評価されずに消失してしまった。

更に1949年4月JES化学5661屋内用防火塗料規格が制定され、日本でも防火塗料が戦後の流行となるが、発泡性耐火塗料については海外品が主で国産のものはいまだ試作の段階で生産化するには至っていなかった。その数年後、防火塗料に発泡剤を混入して過熱によって膨れ不燃性ガスを発生して塗膜が膨れ上がるか或いは海綿状に膨張して熱を遮断する発泡性耐火塗料の開発が報告されている。発泡剤としてはアンモニウム塩、炭酸塩、亜硫酸塩、窒化物、多量の結晶水を含むものを利用して、1954年にJIS K-5661建築用防火塗料に適合塗料として、酢酸ビニル系の発泡性耐火塗料、水ガラスと珪藻土を主成分とした無機質の発泡性塗料が市販されていた。

1988年(平成元年)イギリスの発泡型耐火塗料が日本に導入され、建築基準法第38条において大型建造物に耐火構造の法律が制定されて日本でも耐火性能が必要となった。塗料メーカーとしても2000年5月29日(平成12年)ハイブリッド型耐火材料委員会を設立し、6社が建築基準法38条による個別認定から断面形状係数(Hp/A)の概念を導入した一般認定を取得して国内品の認定耐火構造(1時間耐火)への道が開かれた。2000年6月建築基準法改正に伴い国際基準であるISO834に準拠した耐火性能試験への変更、2002年(平成14年)Hp/Aの概念を継承した移行認定がなされ、現在に至っている。この認定以外の新たな認定耐火構造では欧州で適用されているHp/Aの概念は取り入れられていないのが現状である。

- ・下地の鉄板が薄ければ温度上昇が早いので発泡膜厚は大となり、鉄板が厚くなれば逆となる。
- ・発泡倍率が大きすぎると鋼材への付着性が低下し、加熱中に脱落を生じたり、亀裂が発生して予測した性能が得られない場合がある。

鋼材の断面寸法限定では、H形鋼柱や角形鋼管柱の2時間耐火性能が得られている。

5. 耐火塗料の特徴を生かした展望

表1に示すように、耐火塗料は通常の耐火被覆に見られない多くの特徴がある。これらの長を生かした例として「海外の耐火工法および耐火設計の実例」(池田憲一)「その他素材の意匠を残したまま耐火性能を発揮できることから「歴史的景観保存の防災支援手法としての防火塗料の有効性に関する実験研究」(藪田孝敏ほか)「木質系材料を対象としたクリアー型過熱発泡性塗料の耐火性能評価」(軽賀英人ほか)「伝統木造建築の類焼防止を目的とした防火塗料の性能評価」(村岡宏ほか)などの文献にも見られるように非常に興味深いものも見られる。

表2 耐火塗料の特徴

発泡性耐火塗料の特徴

- 薄膜のため空間を広く使用できる
- 素材の形状を生かすことができる
- 上塗により意匠、色彩、耐候性を選べる
- 塗装するため地震時等の剥落、落下がない
- プレコート工法が可能(工程短縮可能)
- 塗装するので継ぎ目がない

今後のさらなる普及に向けて解決しなければならない課題は、おおよそ以下のようなものであろう。

- 鉄骨の断面形状係数に応じた被覆厚算定方法の認定耐火構造への適用。
- 環境対応型の水系塗料の適用
- 反応型である耐火塗料の発泡性能と脱落、亀裂発生性状の相関性の解明
- 屋外等の環境下における耐久性の確保

上記は、前述したように既に欧州を中心に適用されており、国際標準化機構(ISO)でも近年盛んに国際規格の制定に向けて議論されているところである。

6. まとめ

耐火塗料及び防火塗料開発の歴史、日本における耐火塗料、耐火塗料を適用する場合の留意点及び今後の展望の概要を述べた。なお、日本建築仕上学会内に設置されている「耐火塗料施工指針作成委員会」では発泡性耐火塗料の普及を促し、施工現場での耐火塗料の品質を確保するために施工指針を作成するべく活動中である。

[参考文献]

本文中に示した文献意外に参考とした文献は多々あるが、紙面の都合上ここでは省略させていただく。

表1 耐火塗料・耐火塗料・耐火被覆にかかわる年表(内は当時の耐火塗料内容)

海外	日本
耐火塗料はもともとフランス人の発明と言われている Hawthorne-road, Bootle, LiverpoolのJohn Davies氏耐火塗料を製造した	1925 耐火塗料の製法についての文献
木製ドアの防火用としてヨーロッパで開発され実用化された。	1933 船に防火塗料を塗布する文献 1936年 日本では昭和15年頃より無機質塗料を實際に防火塗料として使用し始めた有機質系統のものは、また試験試作の域を出ず製造実験も行っていない
合成樹脂系の防火塗料は既にアメリカでは工業アメリカ製輸入「Albi-R」と称する製品ジシアミンを触媒とした尿素ホルムアルデヒド樹脂に硫酸アンモン、礫砂および粘土質を加えた発泡性防火塗料	1940年 無機質塗料は一名又防火塗料とも云はれ普通の塗料がオイルを伸張剤とするのに対して、此の塗料は伸張剤として用いるものが、水硝子か或はでグネシアと舌汁であって、廣い意味での水性防火塗料。 1942年 昭和17年6月27日に舊内務省告示で防空建築規則に依って始めて屋内用防火塗料規格が法規に制定された。 1949年 4月(昭和24年)JES化学5661屋内用防火塗料規格
鉄骨の耐火被覆としてエポキシ樹脂系の厚膜タイプの塗料	1950年代 日本国内でも防火塗料が戦後の流行となる発泡性防火塗料は国産のものはいまだ試作の段 ・防火塗料にアンモニウム塩、炭酸塩、亜硫酸塩、窒化物、多量の結晶水を含む発泡剤を混入して過熱によって膨れ不燃性ガスを発生 1951 発泡性耐火塗料について 火災学会論文集 第1巻 第1号 P24-26 昭和26年9月 1953 発泡性耐火塗料の研究(第1報) NH4H2PO4-(NH2)2CO-Paraformaldehyde-Starch系塗料について 工業化学雑誌 第56巻 第3冊 P28-30 昭和28年3月
屋外用としても使用され、主として石油、石油プラント用に使用された。アメリカ海軍の航空母艦上に搭載された爆弾、機雷、ミサイルなどの爆発防止用にも使用されている。	1960年代
ポリ磷酸アンモニウムなどを主成分とする発泡性厚膜タイプの耐火塗料	1970年代 JIS K-5661建築用防火塗料 ・酢酸ビニル系の発泡性耐火塗料 ・水ガラスと珪藻土を主成分とした無機質の発泡性塗料などが上げられている 1979年
イギリスでは30分耐火があること、耐火塗料を施工していると保険が安くなる、耐火被覆材の15%のシェア	1988年 (平成元年)イギリスの発泡型耐火塗料が日本に導入 2000年5月29日(平成12年)ハイブリッド型耐火材料委員会を設立し、6社が認定取得 2000年6月 建築基準法改正 2000年 建築基準法の開始に伴い国際基準であるISO834による耐火性能試験への変更 耐火塗料-ISO834,ユーロコード(案)に準拠した耐火性能試験 2002年(平成14年)誘替え 建築基準法68条第1項

4. 耐火塗料を適用する場合の留意点

これまでに得られている知見を整理すると以下ようになる。

- ・耐火塗料の発泡温度は、おおよそ200~300である。
- ・ISO 834に規定する標準加熱ではない緩慢加熱(Slow heating)では、所期の発泡膜厚が発揮されない場合がある。
- ・一般に、耐火塗料の発泡性状は、温度上昇速度に大きく影響される。

*1 日本ペイント株式会社
*2 (財)ベターリビングつくば建築試験研究センター
*3 エスケー化研株式会社
*4 化工機商事株式会社
*5 菊水化学工業株式会社
*6 太平洋マテリアル株式会社

*1 NIPPON PAINT CO.,LTD.
*2 Tsukuba Building Research & Testing Laboratory, Center for Better Living
*3 SK Kaken CO.,LTD.
*4 KAKOKI TRADING CO.,LTD.
*5 Kikusui Chemical Industries CO.,LTD.
*6 Taiheiyo Materials Corporation