

建築仕上げ材の燃焼特性に関する研究（その1）

—— コーンカロリメータ法による検討 ——

高橋 晃一郎 堀 長生
川 地 武

概 要

本研究は新たに導入された材料の燃焼性試験装置コーンカロリメータの特徴を述べるとともに壁装材料(壁紙)や建築用シーリング材の燃焼性状に関する検討を行ったものである。コーンカロリメータは現行の建設省告示により定められた基材試験装置や表面試験装置とは異なり、ISO5660でも既に標準化されており、酸素消費理論にのっとり材料固有の工学的データを得られることが特徴で、建設省総合技術開発プロジェクトなどでもその利用が検討されている。実験の結果から、壁紙のような下地基材と一体化されて用いられる薄物材料は下地基材の種類や厚さにより着火時間や発熱速度などが影響を受けることが分かった。また、建築用シーリング材においては、シリコン系のものが他の組成のシーリング材に比べ着火時間や発熱速度などの点で防火性能に優れているが、逆に煙の発生量が多いことなどが分かった。

1. はじめに

建物を建築する際には、その規模や用途ごとに、建築基準法で定められた防火区画を設け、防火材料などの適切な材料を使用することが必要である。

特に内装材料は、火災が発生した際に人命に与える危険性が大きいことから、内装制限によって防火材料の使用が義務づけられている。この防火材料は「不燃材料」「準不燃材料」「難燃材料」などに分類されており、建設省の告示により定められた試験に合格したものが、審査認証を受けて使用されている。

我が国における防火材料の試験方法は1960年代に採用された「表面試験法」と「基材試験法」などによって行われている。

しかし、このたび当社に導入された材料の燃焼性試験装置コーンカロリメータは材料固有の工学的データが得られる点で先の試験法に比べ優れている。

本報では、下地基材と張り合わされ使用される壁装材料(壁紙)や不定形であるため従来の試験方法ではその評価が難しいとされている建築用シーリング材について本装置によって実験を行い、それらの材料に潜在する可能性や問題点について検討した結果を報告する。

2. コーンカロリメータ法

2.1 防火材料試験の現状

建築基準法では、防火材料は不燃、準不燃、難燃材料などに分類されており、試験方法も個々に建設省告示により定められ、不燃材料は基材試験と表面試験によって、また準不燃材料は表面試験、模型箱試験、ガス有害性試験に

より認定されている。

中でも表面試験は、どのグレードの防火性能の判定にも用いられる必須の項目であるため重要な役割を果たしている。表面試験によって得られる炉からの排気温度は、加熱炉内で燃焼した排気ガスを排気筒の中の「温度」として捉えているため、放射による熱量の損失や排気量は測定されていない。そのため、そこから導かれるFig.1に示す温度時間面積($td\theta$)などのデータは見かけの発熱量を意味していることと、対象となる試験体の温度変化を石綿パーライト板を基準とした相対的値として評価しているため、得られたデータの工学的利用が難しかった。

さらに、複合材や積層材などの形で使用されることの多い新素材に適用できないことや本試験法を採用するのが日本のみであるなどの問題も挙げられている。よって、国際的にも調和がとれ、工学的なデータの得られる試験法の開発が強く求められている。

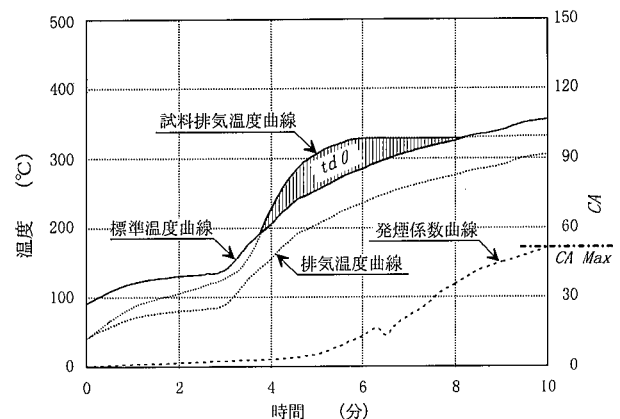


Fig.1 表面試験による温度曲線及び発煙係数曲線
Exhaust Temperature and Fuming Factor vs. Time

2.2 コーンカロリメータ法

コーンカロリメータはISO5660-1 (Fire tests - Reaction to fire - Part 1: Rate of heat release from building products (Cone Calorimeter Method)) で既に標準化されている試験方法である。

この装置は1980年代初頭に米国のDr.HuggettとDr.Parkerらの研究により酸素消費理論が確立され、これを機に米国のNBS (現在のNIST: National Institute of Standards and Technology) で開発された。Fig.2にコーンカロリメータ試験装置の概要を示す。

試験体はロードセルの上に水平に設置され、表面はその上方、25mmのところを位置するコーンヒーターにより100kW/m²までの任意の外部加熱強度を与えることができ、実際の火災を想定した材料の燃焼を再現できるようになっている。

試験体は試験開始と同時にコーンヒーターにより加熱され、試験体が着火するまで着火装置によるスパークが連続的に行われる。試験体が着火したら燃焼ガスは排気フードで捕集され各分析装置に導かれ測定が行われる。

また、試験体は壁装材料などの燃焼にも対応できるように垂直方向にも設置し、試験が行えるようになっている。

コーンカロリメータの最大の特徴は、10cm角の材料を1度燃焼するだけで多くの燃焼特性を経時的・定量的に得られることである。

測定できる燃焼特性は、1) 平均・最高発熱速度、2) 総発熱量、3) 燃焼熱、4) 着火時間、5) 質量減少速度、6) 煙による減光係数、7) CO₂、COガス濃度、8) スス収率などである。

これらのデータのうち平均・最高発熱速度、総発熱量、燃焼熱は酸素消費理論がもとになっている。

この酸素消費理論の優れた点は物質が燃える際その化学組成や状態(ガス、液体、固体)に関わらず、酸素消費量1kg当たり13.1MJ¹⁾の熱が発生することを利用して点である。

よって、得られるデータは材料固有の工学データであるため、その利用価値も高く様々な面に応用することが可能である。

2.3 表面試験法とコーンカロリメータ法との比較

Table 1はここまで述べてきた表面試験法とコーンカロリメータ法により得られるデータを比較したものである。

試験法概念として表面試験法と類似性のある国際基準試験としてコーンカロリメータ法は受け取られているが、この表が示すように得られるデータの持つ意味は異なる。

表面試験法はJIS A 1321 (建築物の内装材料及び工法の難燃性試験方法)にも規格化されているため材料メーカーなどでは品質管理に多く用いられているが、試験における加熱環境が火災のどの様なシナリオと対応するか明確でないとされている。

それに対して、コーンカロリメータ法は様々な火災

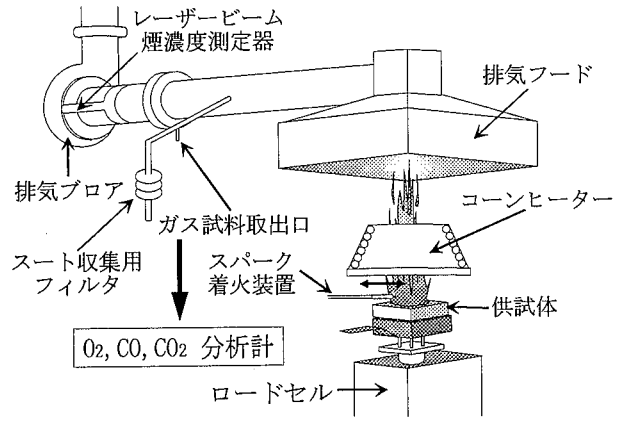


Fig. 2 コーンカロリメータ試験装置の概要
The Cone Calorimeter

Table 1 表面試験法とコーンカロリメータ法の比較
Data of Surface Test Method and Cone Calorimeter Method

| 防火性能 | | 不燃 | 準不燃 | 難燃 |
|---|--|---|---------------------------------------|---------------------------------------|
| 指定試験方法 および判断基準 | | 建設省告示 第1828号 | 建設省告示 第1231号 | 建設省告示 第1231号 |
| 試験体 | | 220mm×220mm 厚さは実際と同一のもの3体 | | |
| 加熱条件 | | 標準加熱曲線 10分 | 標準加熱曲線 10分 | 標準加熱曲線 6分 |
| 表面 試験 法 | 試料 排気温度 t (°C) | 標準温度曲線を 越えないこと | 試験開始後3分 以内で標準加熱 温度曲線を越え ないこと | 試験開始後3分 以内で標準加熱 温度曲線を越え ないこと |
| | 温度 時間曲線 t dθ (°C·min) | 0 | 100以下 | 350以下 |
| | 発煙係数 CA (-) | 30以下 | 60以下 | 120以下 |
| | 残炎時間 (sec) | ・加熱終了後30秒以上残炎がないこと | | |
| | 亀裂の 幅・長さ (mm) | ・裏面に達する亀裂で幅が板厚の1/10以上のものがないこと | | |
| | その他 | ・防火上有害な変形、避難上著しく有害なガスの発生等がないこと | | |
| | 規格 | ISO5660, ASTM E1354等 | | |
| 試験体 | | 100mm×100mm 厚さ50mmまで対応 | | |
| 加熱強度 | | 0~100kW/m ² | | |
| コーン カロリ メータ 法 | 平均/最高 発熱速度 q̇ [*] (kW/m ²) | ・燃焼時の材料の発熱速度 | | |
| | 総発熱量 Q̇ _{tot} (MJ/m ²) | ・燃焼過程で発生した総発熱量 | | |
| | 燃焼熱 Δhc (MJ/kg) | ・単位質量当たりの発熱量 | | |
| | 着火時間 t _{ig} (sec) | ・着火源を入れてから着火するまでの時間 | | |
| | 質量 減少速度 ḡ (g/s·m ²) | ・燃焼と共に試験体の質量が減少する速度 | | |
| | 煙による 減光係数 k (l/m) | ・煙の濃度を光学的に求めた係数 | | |
| | CO ₂ , CO ガス濃度 (%) | ・排気ガス中のガス(CO ₂ , CO)濃度 | | |
| CO ₂ , CO ガス収率 (kg/kg) | ・単位質量当たりのガス発生量 | | | |
| スス収率 (kg/kg) | ・単位質量当たりのスス発生量 | | | |
| | | 現在、材料の防火性能のランク付けにこれらの値をどの様に利用していくか、総プロにて検討中 | | |

のシナリオに対応した試験条件を設定でき、工学的根拠に基づくデータが得られるため火災拡大予測などにも利用できる利点を持っている。

このような背景から、平成5年度から5カ年計画で行われている建設省総合技術開発プロジェクト「防耐火性能評価技術の開発」では両試験法の相関性について検討が行われており、表面試験法に変わりコーンカロリメータ法が注目されている²⁾。

3. 壁装材料 (壁紙) の燃焼特性の検討

3.1 概要

建築物の内装材料に最もよく用いられる壁装材料 (壁紙) は下地基材に張り上げられ使用されるため、実際施工した状態での防火性能が問題となる。壁装材料協会では Table 2 に示すように壁紙を材種や重量により細かく分類³⁾しており、各下地に直張りした際の防火性能は表面試験により判定され、Table 3 の様にグレーディング³⁾されている。

しかし、2.1 でも述べたように、現在、壁装材料の防火性能の評価は壁紙を不燃下地 (石綿パーライト板) 及び準不燃下地 (せっこうボード) に直張りしたものを燃焼した時の排気温度データと不燃標準板 (石綿パーライト板) の排気温度データとの相対比較で行われるため、それぞれの材料についての材料固有の工学的データを得ることが出来ない。

壁紙のような重量の少ない薄物材料の燃焼性状は下地基材により大きく影響を受ける。そのため、同じ製品の壁紙であっても Table 3 に示すように下地基材によって防火性能は異なると考えられることや、異なる材料が同じ防火性能を有する物と分類されたとしても、全く同じ燃焼性状を示すとは限らないと考えられる。

実験ではこのような仕様を変えることにより材料の燃焼性状にどのような影響を与えるかをコーンカロリメータ法により検討した。

3.2 実験

3.2.1 試験体 壁紙と下地：試験体は Table 4 に示すように材種の異なる壁紙7種類を Table 5 に示す各種下地基材に直張りした。張り付けには実際に現場で使用される澱粉系接着剤を用い、固形換算量で 20g/m² 以下になるようにした。試験体形状は 100mm × 100mm (厚さは各試験体により異なる) である。

3.2.2 試験条件 試験装置：コーンカロリメータ (アトラス社製、CONE2)、試験体設置：水平方向、加熱強度：30kW/m² (実際の火災時に壁装材料が受ける加熱強度がほぼ 30kW/m² であることより決定した)⁴⁾、試験環境：試験室は空調機により 20℃前後に保たれるようにし、換気は十分 (最大 50リットル/秒) に行い、かつ強い通風が装置内に吹き込まないようにした。

3.3 実験結果及び考察

3.3.1 壁紙の種類による燃焼性状の違い Table 6は不燃下地である石綿スレート板と準不燃下地である 9.5mm のせっこうボードに各種壁紙を直張りした試験体の実験結果を示したものである。下地基材が不燃の石綿スレートの場合、Table 3 の中で一緒に張り合わされることで不燃に分類される1級の壁紙 (紙壁紙、織物壁紙、無機質紙) は900秒間試験を継続しても着火は認められなかったが、準不燃に分類される2級の壁紙 (化学繊維壁紙、特定壁紙) の場合、始め数回フラッシュが確認された後、壁紙自

Table 2 壁紙の分類
Classification of Wall Papers

| 材料名 | 認定番号 | 検定級別 | 防火性能 | 検定重量 (g/m ² 以下) |
|--------|--------------|------|-----------------|----------------------------|
| 紙壁紙 | 壁装材料 第 0001号 | 1 級 | 不燃 準不燃 | 300g |
| | | 2 級 | 準不燃 | 450g |
| 織物壁紙 | 壁装材料 第 0002号 | 1 級 | 不燃 準不燃 難燃 | 500g |
| | | 3 級 | 不燃 難燃 | 700g |
| | | 5 級 | 難燃 | 900g |
| ビニル壁紙 | 壁装材料 第 0003号 | 2 級 | 準不燃 難燃 | 400g |
| | | 5 級 | 難燃 | 800g |
| 化学繊維壁紙 | 壁装材料 第 0004号 | 2 級 | 準不燃 | 350g |
| 無機質壁紙 | 壁装材料 第 0005号 | 1 級 | 不燃 準不燃 | 制限ナシ |
| 特定壁紙 | 壁装材料 第 0006号 | 1 級 | 不燃 準不燃 | ※ |
| | | 2 級 | 準不燃 | |
| | | 3 級 | 不燃 難燃 | |
| | | 4 級 | 準不燃 難燃 | |
| | | 5 級 | 難燃 | |

Table 3 級別による防火性能
Classification of Fire Protecting Performance

| 基材の防火性能 \ 級別 | 1 級 | 2 級 | 3 級 | 4 級 | 5 級 |
|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| 不燃 | 不燃 | 準不燃 | 不燃 | 準不燃 | 難燃 |
| 準不燃 | 準不燃 | 準不燃 | 難燃 | 難燃 | 難燃 |

Table 4 供試壁紙
Wall Papers for Tests

| 材料名 | 認定番号 | 検定級別 | 類別記号 |
|--------|-------------|------|------|
| 紙壁紙 | 壁装材料第 0001号 | 1 級 | 1 |
| 織物壁紙 | 壁装材料第 0002号 | 1 級 | 3 |
| ビニル壁紙 | 壁装材料第 0003号 | 2 級 | 4 |
| | | 5 級 | 6 |
| 化学繊維壁紙 | 壁装材料第 0004号 | 2 級 | 7 |
| 無機質壁紙 | 壁装材料第 0005号 | 1 級 | 8 |
| 特定壁紙 | 壁装材料第 0006号 | 2 級 | 9 |

Table 5 下地基材
Base Materials for Tests

| 防火性能 | 材料名 | 厚さ (mm) |
|------|---------|---------|
| 不燃 | 石綿スレート | 4 |
| | | 6 |
| | | 10 |
| 準不燃 | せっこうボード | 9.5 |
| 難燃 | 難燃合板 | 5.5 |
| 可燃 | 普通合板 | 5.5 |

Table 6 各種壁紙の燃焼性状比較結果
Results of Cone Calorimeter Tests for Wall Papers

| 下地 基材 | 壁 紙 | 防火性能 | 着火時間 (SEC) | 最大発熱速度 (kW/m ²) | 総発熱量 (MJ/m ²) | 備 考 | |
|-----------------------------------|--------|----------------|---------------|--------------------------------|------------------------------|---------|-----------------|
| 不 燃 (石綿スレート) | 紙壁紙 | 壁装材料第 0001号 1級 | 不 燃 | N. I. | | 900 SEC | |
| | 織物壁紙 | 壁装材料第 0002号 1級 | 不 燃 | N. I. | | 900 SEC | |
| | 無機質壁紙 | 壁装材料第 0005号 1級 | 不 燃 | N. I. | | 900 SEC | |
| | ビニル壁紙 | 壁装材料第 0003号 2級 | 準不燃 | N. I. | | 900 SEC | |
| | 化学繊維壁紙 | 壁装材料第 0004号 2級 | 準不燃 | 342 | 188.7 | 2.4 | フラッシュ2回 壁紙剥離後着火 |
| | 特定壁紙 | 壁装材料第 0006号 2級 | 準不燃 | 363 | 62.9 | 0.8 | フラッシュ3回 壁紙剥離後着火 |
| | ビニル壁紙 | 壁装材料第 0003号 5級 | 難 燃 | 250 | 53.4 | 2.75 | フラッシュ2回 |
| | ブランク | | | N. I. | | | 900 SEC |
| 準 不 燃 (せっこうボード) 9.5mm | 紙壁紙 | 壁装材料第 0001号 1級 | 準不燃 | 76 | 19.5 | 19.7 | 壁紙剥離後着火 |
| | 織物壁紙 | 壁装材料第 0002号 1級 | 準不燃 | 65 | 39.9 | 1.53 | 壁紙剥離後着火 |
| | 無機質壁紙 | 壁装材料第 0005号 1級 | 準不燃 | 50 | 21.6 | 1.97 | 壁紙剥離後着火 |
| | ビニル壁紙 | 壁装材料第 0003号 2級 | 準不燃 | 47 | 89.1 | 1.97 | |
| | 化学繊維壁紙 | 壁装材料第 0004号 2級 | 準不燃 | 92 | 130.7 | 3.54 | |
| | 特定壁紙 | 壁装材料第 0006号 2級 | 準不燃 | 81 | 123.3 | 3.96 | |
| | ビニル壁紙 | 壁装材料第 0003号 5級 | 難 燃 | 13 | 137.1 | 5.38 | |
| | ブランク | | | 130 | 74.5 | 1.15 | |

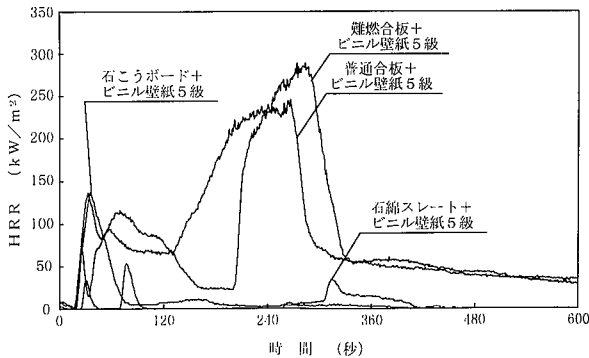


Fig. 3 発熱速度と下地基材の関係
HRR Curves for Vinyl Wall Papers
with Different Base Materials

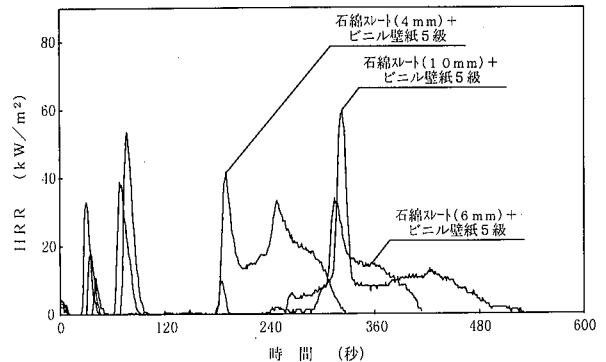


Fig. 4 発熱速度と下地基材の厚さの関係
HRR Curves for Vinyl Wall Papers
with Different Thickness Base Materials

体の剥離に伴い試験開始から350秒前後で着火が確認され燃焼に至るものもあれば、同じ準不燃に分類される2級のビニル壁紙は剥離もなく着火が認められなかった。

しかし、ビニル壁紙でも難燃に分類される5級のものでは、最初2度ほど着火と消火を繰り返し、約250秒の時点で完全な着火が認められた。

これらの結果に対して下地基材が準不燃の9.5mmのせっこうボードになると1級に分類される壁紙も試験開始後60秒ほどで壁紙が剥離し、続いて着火が生じた。

2級に分類された壁紙では剥離が発生する前に着火し、着火時間は1級の壁紙とほぼ同じになったが、最大発熱速度は約90~130kW/m²であり、総発熱量も1級のものに比べ相対的に高かった。

また、ビニル壁紙でも難燃に分類される5級のものでは着火時間は13秒と最も早く、最大発熱速度や総発熱速度も一連の壁紙の中で最も高い値であった。

3.3.2 下地基材の種類による燃焼性状の違い Fig. 3は5級のビニル壁紙を各種基材に張り付けた試験体の燃焼性状

を示したものである。下地基材が不燃下地(石綿スレート)の場合、先に述べたように完全に着火するまでに250秒ほどかかり、徐々に燃焼するため最大発熱速度も低かった。しかし、準不燃下地(せっこうボード)や可燃下地(普通合板)の場合は着火と同時に表面の壁紙は短時間で燃焼し、最大発熱速度も不燃下地の場合に比べ高くなったが、特に可燃下地の場合は壁紙の燃焼に続き下地基材が燃えはじめ最大発熱速度も250kW/m²にまで達した。難燃下地(難燃合板)の場合も表面の壁紙の燃焼に続き、下地基材の表面燃焼が始まるがいったんは炎は消え、しばらくすると再び激しく燃焼が始まるのが特徴的であった。

3.3.3 下地基材の厚さの影響 下地基材の厚さを変えた場合、表面に張られた壁紙の燃焼にどのような影響を与えるかを検討した結果をFig.4に示す。

下地基材には4, 6, 10mm厚さの石綿スレートをを用い壁紙は5級のビニル壁紙を直張りした。どの下地基材の場合でも着火と消火を繰り返す3度目に完全な着火に至ったが、基材の厚さが増えるにつれて着火時間は長くなり、逆に

燃焼時間は長くなる傾向があった。

各種下地基材と一体化され用いられる壁紙は、現行の防火材料試験ではTable 3に示すような防火性能を有していると判断されているが、今回の実験からもほぼ一致した傾向が確認された。しかし、各防火性能に分類された壁紙の燃焼性状を個々の枠の中で比較してみると、特に準不燃に分類されているものは着火時間や発熱速度などにばらつきが大きいことが確認された。

1) 壁紙の材種の違いによる燃焼性状の違いであるが、下地基材が不燃の石綿スレート板の場合、Table 2で分類された等級順通りの燃焼性状を示し、1級の壁紙ほど燃え難く、発熱量も少なかったが、下地基材が準不燃の9.5mmせっこうボードになると各種壁紙を張り合わせた際、Table 3に示す様に1級に分類される壁紙も2級に分類される壁紙も共に準不燃に区分されてしまうが、着火時間や最高発熱速度、総発熱量の値に大きな幅があることが分かった。

2) 下地基材の種類による燃焼性状の違いは着火時間や最大発熱速度、総発熱量に影響を与え不燃下地基材ほど着火時間は遅く、最大発熱速度や総発熱量も小さく下地基材の熱容量などが影響しているものと考えられる。

3) 下地基材の厚さの影響については、特に着火時間に対応し大きな影響を与え、石綿スレート版の厚さが厚くなるほど長くなる傾向があり、これも下地基材が持つ熱容量の違いによるものと考えられる。

この様に下地基材の材種やその厚さなどを変えたり、逆に壁紙の種類を変え、うまくその場に合った仕様の壁紙と下地を使用することでさらに防火性能の効果を有効に利用でき、建物の防火安全性を高められるものと考えられる。

4. 建築用シーリング材の燃焼特性の検討

4.1 概要

シーリング材は、部材間の接合部や目地部分に充填し水密性や気密性を付与する材料として広く用いられ、最近ではグレージングへの用途も拡大しており、耐火構造上の目地設計も含め、目地に用いられる材料の防火性能評価は重要となっている。

しかし、従来の試験方法では不定形でかつ壁の一部に使用される材料を適切に評価できないことからコーンカロリメータ法による実験を試みた。

4.2 実験

4.2.1 試験体 シーリング材は、JIS A 5758 (建築用シーリング材) の内で、Table 7に示す7種類を取り上げた。

試験体の作製は、100×100×5mmの型枠にシーリング材を充填して、温度20℃、湿度60%で、7日間養生後脱型し、さらに同条件で14日間養生して実験に供した。

4.2.2 試験条件 加熱強度：30, 50kW/m² (他の条件は壁装材料の場合と同じ。)

Table 7 供試シーリング材の種類
Sealing Compounds

| 主成分による区分 | 記号 | 硬化機構 | 色 |
|-----------|----|----------------|------|
| シリコーン系 | SR | 湿気硬化一成分形 | ホワイト |
| 変成シリコーン系 | MS | 湿気硬化一成分形 | ホワイト |
| ポリサルファイド系 | PS | 湿気硬化一成分形 | グレー |
| アクリルウレタン系 | PU | 反応硬化二成分形 | ホワイト |
| ポリウレタン系 | UA | 湿気硬化一成分形 | ホワイト |
| アクリル系 | AC | エマルジョン乾燥硬化一成分形 | ホワイト |
| ブチルゴム系 | BU | 溶剤乾燥硬化一成分形 | グレー |

4.3 実験結果及び考察

4.3.1 着火性 外部加熱強度が30kW/m²の時、全てのシーリング材は着火したがそれを遅い順に並べると、SR > MS > UA > PU > BU = AC > PSとなる。50kW/m²では、全てのシーリング材で着火が早くなるが、その順序の変化はなかった。

4.3.2 燃焼性状 Table 8とFig.5, Fig.6は発熱特性について示したものである。

燃焼性状は大きく二つのグループに分けられる。SRでは比較的長い時間燃え続けるのに対し、それ以外のシーリング材は短時間に燃焼する。最大発熱速度はUA, BU, PUが特に大きく、総発熱量はAC, BUが小さい。BUは、激しく燃焼してすぐに消えるため総発熱量は小さくなっている。逆にSRは、発熱速度は小さいが燃焼時間が長いため総発熱量は大きくなる。

火災荷重の推定として用いられる燃焼熱は、PSが最も小さくBU, SRが大きい結果となった。

外部加熱強度が30kW/m²から50kW/m²に大きくなると最大発熱速度は、全てのシーリング材で大きくなるが総発熱量および燃焼熱は変わらなかった。

4.3.3 発煙およびガス特性 Table 9とFig.7, Fig.8は発煙およびガス特性を示すものである。煙の濃度は粒径や粒子数によって決まるが、防火工学上の煙、火災時における視認性の低下としてとらえることが必要で、ここでは煙の定量化を光学特性による減光係数で評価した。

BU, SRは煙による減光係数が特に大きく、PS, ACは小さい。外部加熱強度が大きくなると減光係数が大きくなる。すなわち、煙の濃度が大きくなる傾向が見られるが、大きくなる度合は、シーリング材の種類によってまちまちである。ガス特性について、CO生成量がBUで極めて大きく、PU, UAも大きい。逆にPS, SRでは小さい結果となった。

実験の結果から、着火性と発熱特性はシリコーン系の方がその他の組成のシーリング材と比較して防火性に優れることがわかった。

一方で、シリコーン系は煙の発生量が多いことや、発熱速度は小さいが、燃焼熱が大きいこと、ブチルゴム系は、CO発生量が極めて大きいことなどが明らかとなった。このことはグレージングなどシーリング材の屋内側での適用では、内装防火設計上の配慮が必要と考えられる。

Table 8 建築用シーリング材の
コーンカロリメータ試験結果 (1)
Results of Cone Calorimeter Tests (1)

| シーリング材の種類 | SR | MS | PS | UA | PU | AC | BU |
|--------------------------------|--|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 着火時間 (sec) | 30kW/m ² 87.3 50kW/m ² 42.2 | 61.0 25.6 | 45.0 20.1 | 58.9 23.3 | 56.5 22.0 | 48.3 21.8 | 48.5 20.5 |
| 最大発熱速度 (kW/m ²) | 30kW/m ² 174.8 50kW/m ² 214.1 | 366.3 475.6 | 339.1 413.1 | 425.2 558.1 | 387.1 567.5 | 268.2 372.8 | 417.2 452.7 |
| 総発熱量 (MJ/m ²) | 30kW/m ² 82.2 50kW/m ² 91.6 | 101.4 101.9 | 98.4 97.9 | 100.3 95.0 | 108.8 108.0 | 69.9 70.8 | 74.4 74.9 |
| 燃焼熱 (MJ/kg) | 30kW/m ² 33.6 50kW/m ² 33.8 | 27.9 28.5 | 22.1 21.9 | 27.1 26.6 | 28.0 26.9 | 28.5 29.6 | 35.7 35.2 |

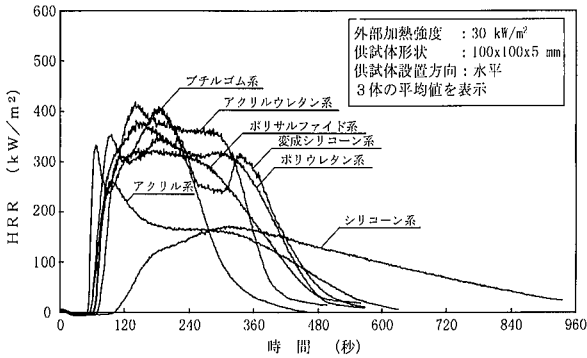


Fig. 5 建築用シーリング材の燃焼性状 (発熱速度)
HRR vs. Time at Heat Flux 30kW/m²

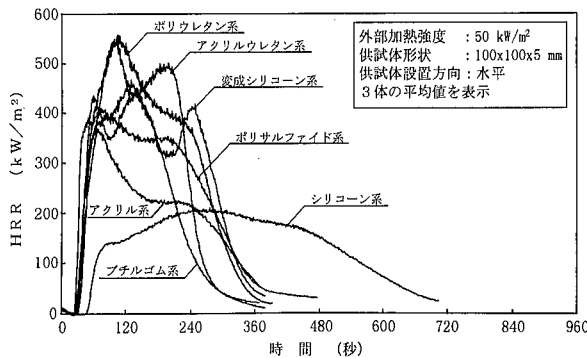


Fig. 6 建築用シーリング材の燃焼性状 (発熱速度)
HRR vs. Time at Heat Flux 50kW/m²

5. まとめ

今回はコーンカロリメータ法の特徴を生かし壁装材料と建築用シーリング材を検討した結果を報告した。

その結果、現行告示法である表面試験法などでは得ることの出来なかった材料の化学組成や施工法の違いによる材料固有の燃焼特性を把握することができた。

これらの情報は建築設計の段階で、内装の火災拡大防止上有効な建築材料の選定や使用方法の提案に生かすことが出来る。また、現在、建物の火災安全性評価を目的とした火災拡大予測モデルがいくつか提案されているが、これらのモデル中のパラメータとしてコーンカロリメータより得られるデータを当てはめることも可能である。今後はさらに実験対象を広げデータを収集していく予定である。

Table 9 建築用シーリング材の
コーンカロリメータ試験結果 (2)
Results of Cone Calorimeter Tests (2)

| シーリング材の種類 | SR | MS | PS | UA | PU | AC | BU |
|----------------------------------|--|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| 最大煙濃度 (1/m) | 30kW/m ² 2.881 50kW/m ² 3.847 | 1.151 1.571 | 0.504 0.687 | 1.452 3.439 | 1.501 2.672 | 0.843 1.611 | 3.828 4.337 |
| 平均CO ₂ 生成量 (kg/kg) | 30kW/m ² 2.035 50kW/m ² 1.858 | 2.370 2.358 | 1.096 1.666 | 2.304 2.191 | 2.363 2.262 | 2.629 2.509 | 2.745 2.601 |
| 最大CO ₂ 濃度 (%) | 30kW/m ² 0.278 50kW/m ² 0.326 | 0.889 1.168 | 0.745 0.917 | 1.029 1.378 | 0.923 1.385 | 0.594 0.868 | 0.836 0.943 |
| 平生CO ₂ 生成量 (kg/kg) | 30kW/m ² 0.0016 50kW/m ² 0.0008 | 0.0067 0.0101 | 0.0013 0.0042 | 0.0096 0.0144 | 0.0127 0.0135 | 0.0050 0.0161 | 0.0321 0.0401 |
| 最大CO濃度 (%) | 30kW/m ² 0.0070 50kW/m ² 0.0086 | 0.0045 0.0085 | 0.0030 0.0071 | 0.0076 0.0172 | 0.0074 0.0134 | 0.0016 0.0080 | 0.0201 0.0321 |

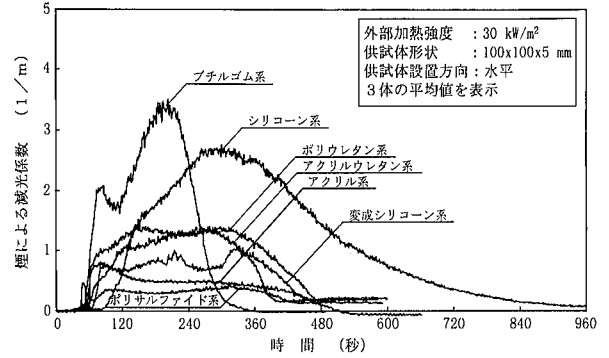


Fig. 7 建築用シーリング材の燃焼性状 (煙速度)
Smoke Extinction Coefficient : vs. Time at Heat Flux 30kW/m²

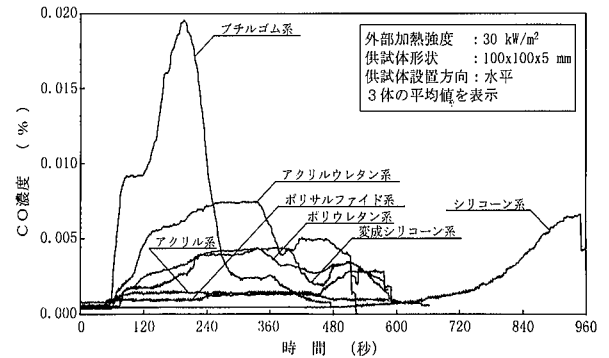


Fig. 8 建築用シーリング材の燃焼性状 (CO濃度)
Carbon Monoxide Yields vs. Time at Heat Flux 30kW/m²

参考文献

- 1) V.BABRAUSKAS : Heat Release in Fires. E&FN SPON, p.31~59, (1995)
- 2) 内外装材料の防耐火性能評価技術の開発 平成7年度研究報告書, 建設省建築研究所, p.84~103, (1996)
- 3) 壁装材料協会編: 防火壁装材料便覧 平成7年版, p.10~11, (1995)
- 4) Hasemi.Y : Experimental Wall Flame Heat Transfer Correlations for the Analysis of Upward Flame Spread, Fire Science and Technology, Vol. 4, No.2, (1984)