

## 防耐火構造の比較試験および性能評価の合理化に関する研究 (その5) 加熱発泡材単体の遮炎・遮熱性の確認

正会員 ○水上点晴\*1  
同 野中峻平\*2

耐火試験 小型炉 加熱発泡材  
遮熱性 遮炎性 漏気量

### 1. はじめに

開口部に設置される窓やドアに対して、火災時の遮炎性能が求められる場合、その弱点部となるのは、ガラス部分そして通常時は開閉をスムーズに行うために必要な枠との隙間部分である。そこで火災時のみ高温で発泡して隙間を塞ぐ加熱発泡材が、多くの防火設備に使用されている。その種類はいくつかあり、JISなどの工業規格は現在のところ存在しない。遮炎性の担保に加熱発泡材は必須となってきているが、生産中止やコストの問題から、試験時に用いた加熱発泡材を変更する場合も多い。そこで本研究では、加熱発泡材単体の遮熱・遮炎性能を把握する試験方法を検討するとともに、主要な加熱発泡材について同試験法に基づき性能確認を行うこととした。

### 2. 既往文献と試験手法の提案

国内においては、加熱発泡材の性能評価にかかる試験方法は見当たらなかったが、国際標準規格としてISO12472：木製ドアに対する加熱発泡材の試験方法が提案されていた。海外では開き窓が主流であり、開閉機構に回転運動が伴うため、火災時に発泡して隙間を埋める性能だけでなく、試験途中で錘による荷重を行うことで、回転運動により生じる剪断力に、発泡後の加熱発泡材が耐えるための粘着性が求められている。日本では引き違い窓が主流であるため、発泡による隙間の充填性能が主要性能といえる。粘着性は必須とはいえないが、枠や障子の熱変形に対する加熱発泡材の追従性も二次的な要素ではあるため、ISO12472に変更を加えた以下の試験方法をとることとした(図1)。加熱は小型炉によりISO834-1に準拠して行い、漏気量の測定方法などは既報の通り。

①ISO12472と同様に、加熱開始15分時に載荷した後、遮炎性喪失までの時間または上隅角部の変位量制限値15mmに達するまでの時間を計測する。

②加えて、新たに加熱初期の加熱発泡材の発泡性状の評価を目的として、非加熱側の上隅角部での温度上昇と、非加熱側への漏気量を評価の対象とした。

試験体は図2に示すとおり、ISO規格に準拠した900mm角(障子400mm角)とし、枠種としては、木枠の他に樹脂やアルミ樹脂複合も存在するが、予算の都合上、木枠で代表させて検討することとした。枠と障子に設けられる隙間やその形状も、枠種間および同一枠種でも製品ごとに異なるが、耐火試験時に負圧側となる障子下部を除けば、ISO12472で規定されている隙間量 $3.5 \pm 0.5\text{mm}$ は、代表値として妥当な寸法であると考え、この値を用いた。

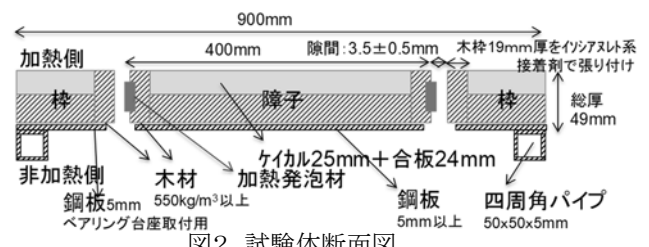
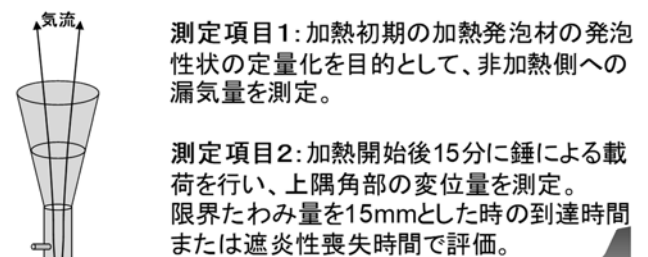


図2 試験体断面図



測定項目1: 加熱初期の加熱発泡材の発泡性状の定量化を目的として、非加熱側への漏気量を測定。

測定項目2: 加熱開始後15分に錘による荷重を行い、上隅角部の変位量を測定。限界たわみ量を15mmとした時の到達時間または遮炎性喪失時間で評価。

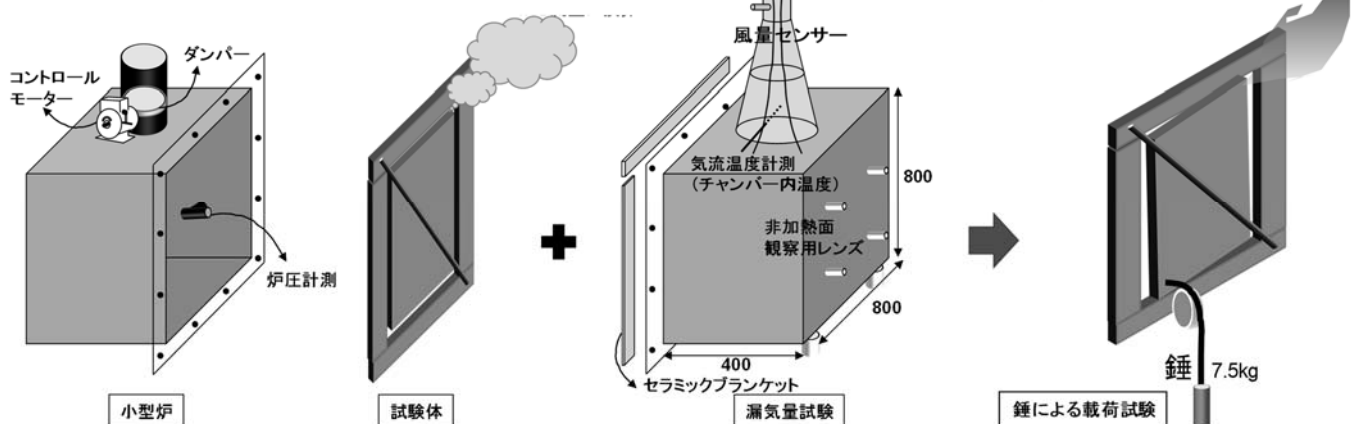


図1 試験方法概要

試験体は表1に示す 6 種類である。ただし試験体1と4については、再現性の確認のため 2 体ずつ実験を行った。

表 1 試験体および試験結果一覧

種類	形状(mm)	遮炎性喪失時間(分)	最大変位量 (mm)	
1	グラファイト系ブチル	幅 10/厚 2	44.5/19.5	6.2/13.1
2	グラファイト系	幅 10/厚 1.5	37	1.8
3	グラファイト系	幅 10/厚 2	25	6.0
4	グラファイト系エポキシ	幅 10/厚 1.7	32.3/36.5	11.4/9.1
5	グラファイト系	幅 20/厚 2	41	1.3
6	ハームキュライト系	幅 10/厚 2	17	18.1

### 3. 実験結果

実験時の写真を写真1に、温度測定結果を図3に、変位量測定結果を図4に、漏気量測定結果を図6に示す。

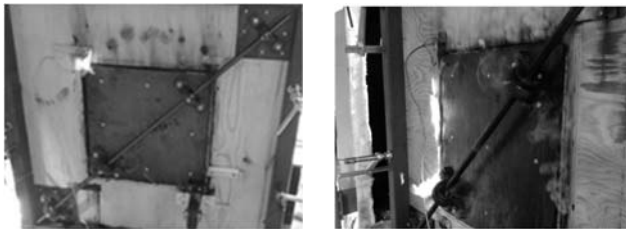


写真1 出炎時の非加熱側の様子 (左 No.1, 右 No.4)

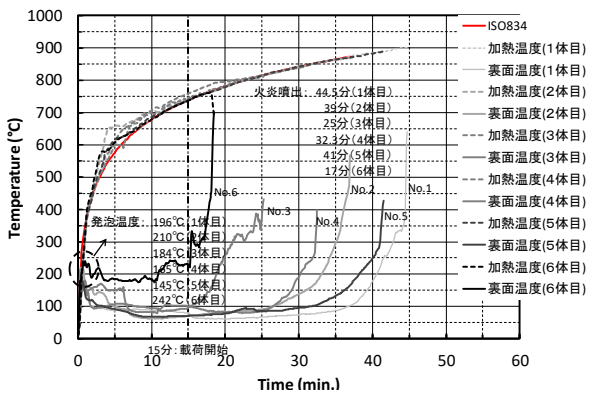


図 3 温度測定結果

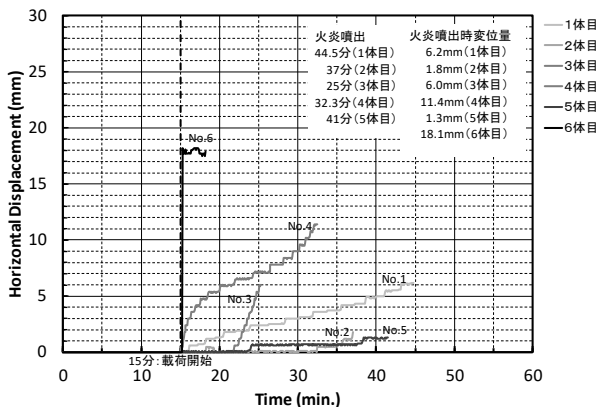


図 4 変位量測定結果

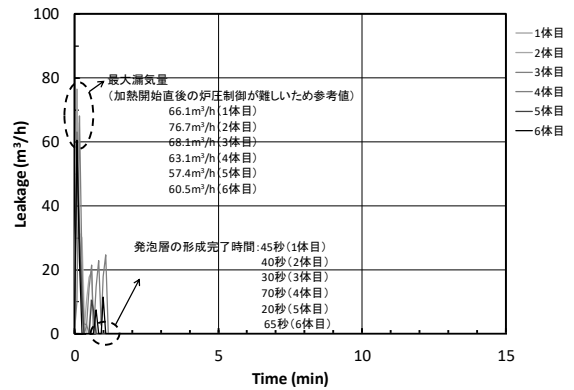


図 5 漏気量測定結果 (加熱開始 0~10 分まで)

遮炎性喪失時間は試験体 6 が最も短く 17 分であり、木材の炭化速度から考えて、40 分を超えるものは、加熱発泡材ではなく木枠の燃え抜けによるものと考えられる。

図5より、いずれの試験体も加熱開始 1 分程度で非加熱面への漏気量が減少し、発泡層が形成されているのが分かる。図3より、その際の隙間部分の温度(裏面温度)は、加熱温度と比べて数百°C低い 200°C程度で停滞し、裏面への熱の流入を防いでいることが分かる。その後次第に上昇し、非加熱側に着炎した際の裏面温度は約 400°C程度に達している。

錘により与える回転運動に対する拘束力(=付着力)については、性能(変位上昇時間・最大変位量)はまちまちであるが、No.1、4、6 については载荷直後より変位量が増加しており、付着力はそれほど大きくないと考えられる。No.2、3、5 は载荷直後しばらくは変位量に変化せず、このうち No.3 は裏面温度が 300°Cを達する頃すなわち遮炎性が喪失する時間帯で変位速度が急上昇しており、加熱による温度上昇に伴って付着力が失われたものと考えられる。また No.2 と 5 は試験終了までほとんど変位量が見られなかった。

No.1-2、3、6 の試験体については、他と比べて少し性能が劣る。原因は、発泡層形成後の裏面温度の下降が鈍く、また再上昇開始時間も早いことに加え、No.3 については圧力制御もぶれていたことから、シール効果が弱いと考えられ、No.1-2と 6 については、载荷直後に変位量が急激に増加することから、回転運動に対する拘束力を有していないことが原因と推測される。また No.1 の試験体は 2 体の試験結果で差違が大きい。これらの加熱発泡材は、回転運動が加わらない位置で隙間を塞ぎ、遮炎・遮熱性を期待する用途に限定した方が安全といえる。

### 4. まとめ

加熱発泡材単体の遮熱・遮炎性能について試験方法を提案し、性能確認を行った。漏気量の測定により加熱初期の発泡によるシール効果が確認でき、錘の载荷と変位量の測定により回転運動に対する拘束力を評価することが可能となった。

【謝辞】本研究は、平成 30 年度国土交通省基準整備促進事業「F12: 防火設備(窓)に関する構造方法の告示化の検討」の一環として実施した。実験実施にあたっては、阿部興業 常盤様、アイランドプロファイル 石原様に材料をご提供頂いた他、委員の皆様にご助言、ご協力を賜りました。ここに謝意を表します。

\*1 国土技術政策総合研究所・博士(工学)  
\*2 一般財団法人 ベターリビング

\*1 National Institute of Land and Infrastructure Management, Dr. Eng.  
\*2 Center for Better Living