



建材の発熱性能① 発熱量と発熱速度



■はじめに

建材が燃焼した際に生じる熱量を示す性能値として「発熱量」があります。発熱量を測定することにより、その建材が燃焼した際にどの程度の熱エネルギーを生じるのか把握することができます。さらに、燃焼の激しさを表す性能値として「発熱速度」があります。発熱速度を測定することで建材がゆっくり又は早く燃えるのかといった燃え方を知ることができます。本稿では、発熱量と発熱速度を測定する試験方法である「燃焼熱試験」および「発熱性試験」を解説します。

■燃焼熱試験とは

燃焼熱試験は建材に含まれる有機物がすべて燃焼（完全燃焼）した際に生じる熱エネルギーを測定する試験方法です。試験規格として「JIS M 8814」や「ISO1928」などがあります。燃焼熱試験は「試験体の単位質量当たりの発熱量（J/g）（一般的に燃焼熱と呼ばれる）」が性能値として計測できます。

当法人が所有している燃焼試験装置を写真-1に示します。燃焼熱試験装置の詳細は図-1に示すように、水が充てんされた水槽内に試験体を封入したボンベを設置し、ボンベ内で試験体を燃焼させます。その際に生じた熱源によって上昇する水槽内の水温を測定し、発熱量へ換算します（水1gの温度を1℃上昇させるために必要な熱量は4.2 Jです）。

試験体を完全燃焼させるため、ボンベ内には火災に必要なとされる「火種」「酸素」「可燃物」を配置します。



写真-1 燃焼熱試験装置

ボンベに試験体を設置した様子を写真-2に示します。試験体は1g程度の少量で測定が可能です。

試験体を設置したボンベ内は酸素が充てんされており、点火装置を火種として試験体を燃焼させます。

■発熱性試験とは

発熱性試験は実火災を想定した試験方法であり、試験体表面が一定の熱源（火熱）に晒された際に生じる熱分解ガスが着火した際の「発熱速度」「総発熱量」を測定する試験方法です。試験体と熱源との位置関係を写真-3に、試験体表面の熱収支を図-2に示します。

熱源に晒されるのが試験体表面であるため、試験体表面から徐々に燃焼が進行していくことになります。前述した燃焼熱試験は試験体を完全燃焼させるため、加熱方法が異なります。

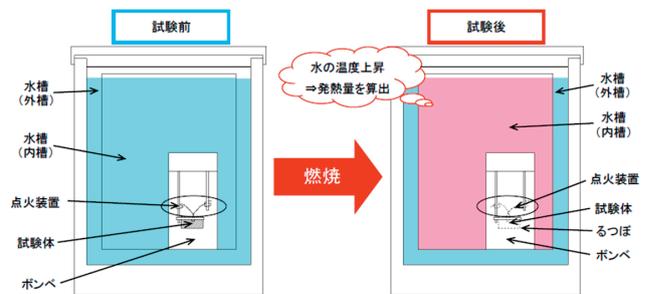


図-1 燃焼熱試験装置および試験時の概略図



写真-2 燃焼熱試験におけるボンベ内試験体設置状況

発熱速度は、酸素消費法によって算出します。燃焼する物質の単位重量あたりの発熱量は材質によって異なりますが、燃焼によって消費される酸素の質量で考えると物質の種類によらずほぼ一定の数値が示されることを利用した算出方法です(酸素1kg当たりの場合、13.1MJの熱が生じる)。発熱性試験では、燃焼で消費された酸素量をガス分析計で測定し、式(1)に代入することによって発熱速度を算出します¹⁾。

$$\dot{q}(t) = \left(\frac{\Delta h_c}{r_0}\right) (1.10) C \sqrt{\frac{\Delta p}{T_e}} \cdot \frac{X_{O_2}^0 - X_{O_2}}{1.105 - 1.5 X_{O_2}} \dots\dots\dots (1)$$

- $\dot{q}(t)$: 発熱速度(kW/m²)
- Δh_c : 正味燃焼熱(kJ/g)
- r_0 : 化学量論的な酸素/燃料の質量比
(ただし、 $\Delta h_c/r_0$ は単位酸素消費量当たりの発熱量として 13.1×10^3 kJ/kg とする)
- C : オリフィス係数(m^{1/2}g^{1/2}K^{1/2})
- T_e : 排気ダクト内のガスの絶対温度(K)
- Δp : オリフィスプレート流量計の差圧(Pa)
- $X_{O_2}^0$: 酸素分析計指示値の初期値(モル分率)
- X_{O_2} : 酸素分析計指示値(モル分率)

総発熱量は、単位面積当たりの発熱速度を時間で台形積分することによって算出します。台形積分は、試験時間を積分区間とし、積分区間を測定間隔で等分して行います。

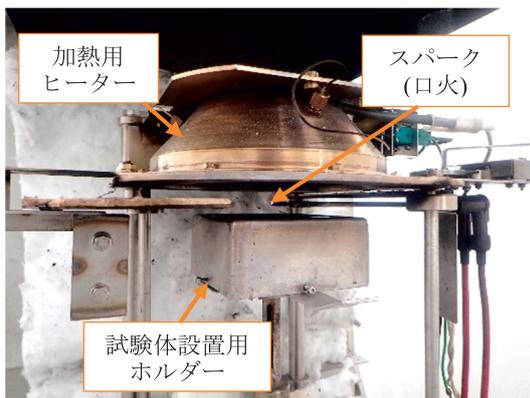


写真-3 発熱性試験装置

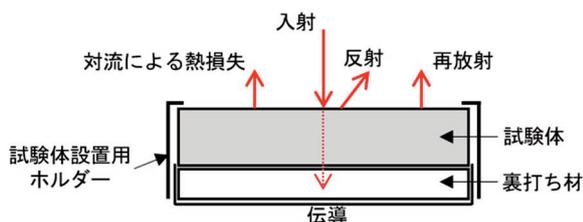


図-2 発熱性試験における熱収支概略図

発熱性試験の測定例として「せっこうボード」を試験した際の発熱速度と発熱量の計測結果を図-3に示します。

せっこうボードは表裏面に「紙」、芯材に「せっこう」で構成された材料で加熱を受けて表裏面の紙が一定の温度となった際に可燃性ガスを生成・燃焼する材料です。図-3の発熱速度に示されるとおり、紙の燃焼が加熱初期および加熱終盤に表れています。加熱初期は火熱に直接晒される表面側の紙が炎を上げて燃焼したため、発熱速度としては大きな数値が計測されています。一方で、試験開始15分以降に見られる小さな発熱速度は、試験体表面から熱伝導によって裏面側の紙が熱せられたことによって生じた発熱であり、炎を上げない燃焼(くん焼)によるものです。

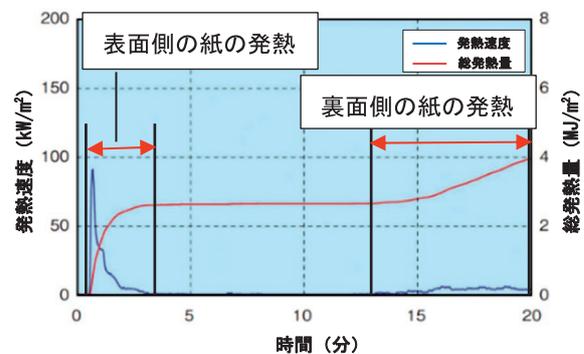


図-3 せっこうボード燃焼性状

■おわりに

当法人の防耐火構造・材料試験室では、建築材料の発熱性能に関する測定を行っています。製品開発や品質管理などで発熱性能の測定を希望される方は、下記までお問い合わせください。

【参考文献】

一般財団法人 日本建築総合試験所：防耐火性能試験・評価業務方法書, 2023

お問合せ先

試験研究センター 耐火部 防耐火構造・材料試験室
〒563-0035 大阪府池田市豊島南2-204
Tel.072-760-5053 Fax.072-760-5063
E-mail : info.taika@gbrc.or.jp