

燃焼性試験の概要と応用例

～セルローズファイバー断熱材の新規試験方法開発～

発表者：柚木 悟 (高分子技術部門)

1. はじめに

ゴム、プラスチック等の高分子材料は軽量性、成形性等の様々な利点を活かし、電気電子機器をはじめ衣類、自動車、建築材料に至るまで、各分野の工業製品に幅広く利用されている。しかしながら、高分子材料は金属材料、無機材料等と比較して熱で容易に分解し着火することから、火災原因となり人命及び財産に大きな被害を及ぼす可能性がある。そのため、高分子材料を対象とした難燃化技術の研究開発は積極的に行われており、難燃性を正確に評価する燃焼性試験は高分子材料にとって重要な試験の一つで、多くの試験方法が規格化されている。

本部門は第三者試験機関として高分子材料を主に材料及び工業製品の総合的な評価試験を実施、最新規格に基づく各種燃焼性試験に対応している。一方、多岐に渡る材料、工業製品、評価ニーズ等に対して、既存の規格試験のみでは対応できない事例もある。そこで長年に渡る評価試験業務の経験を基に、依頼者のニーズに応じた評価手法の開発等も実施している。

本報告では本部門で実施している代表的な燃焼性試験の概要及び応用事例としてセルローズファイバー断熱材を対象とした新規試験方法開発について紹介する。

2. 燃焼性試験の概要

2.1 燃焼性試験で得られる評価項目

燃焼性試験は火災時の燃焼現象と相関性が高いことが望ましいが、複数の要因が合わさる燃焼現象を単一の試験で評価することは現実的でない。そのため、評価項目と試験条件を限定した試験方法が多く規格化されている。材料の燃焼性試験は特に火災初期を想定したものが多く、①着火性②火炎伝播性③発熱性④発煙性⑤生成ガスの成分等の評価項目に分類され、燃焼現象の再現が行われている (図 1)^{1), 2)}。

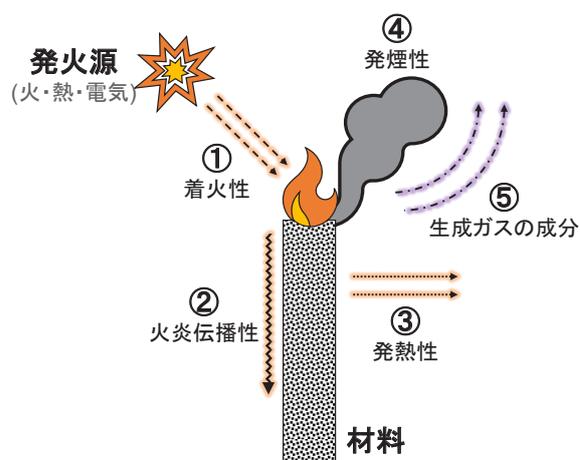


図 1 燃焼性試験の評価項目

2.2 代表的な燃焼性試験

2.2.1 UL94

機器部品に使用される材料の燃焼性試験で、世界各国で採用される代表的な試験規格である。UL94 は試験の過酷度や材料種によって 50W Vertical Burning Test (V-0, V-1, or V-2; 垂直燃焼試験) や Horizontal Burning Test (HB; 水平燃焼試験) 等の試験方法から選択する。試験方法によって試験片や熱源の大きさ、燃え広がりの方角等の条件が異なるが、いずれも①着火性と②火炎伝播性、他にも他材料への燃焼拡大性を評価することができる。本部門では最新規格(第 7 版、2023 年 2 月発行)での測定が可能である。

2.2.2 コーンカロリメータを用いた発熱性試験

有機材料の燃焼において発生熱量と消費酸素の量が材料の種類によらず一定である(酸素 1 kg あたり 13.1 MJ) という原理、酸素消費量測定法に基づいた発熱性試験である。建築基準法に基づく防火材料の性能評価として主に用いられ、不燃材料、準不燃材料、難燃材料に分類が可能である。コーンヒーターの輻射熱によって発生する熱分解ガスに着火を行い、着火時間(①着火性)、発熱速度及び総発熱量(③発熱性)、有効減光面積(④発煙性)、CO/CO₂ 収率(⑤生成ガスの成分)等の各種特性量を取得することができる。近年では建築材料に限らず高分子材料の難燃化に関する研究開発にも利用が広がっている。

2.2.3 酸素指数法

有炎燃焼を継続できる最小酸素体積分率、酸素指数を求める試験であり、指数の大きさから難燃性の程度を精度よく評価できる。酸素濃度が制御された燃焼円筒内に試験片を垂直保持させ、円筒上部より試験炎を当てて燃焼を開始させる。①着火性と②火炎伝播性に伴う下方燃え広がり状態と Dixon の Up and Down 法を用いた統計的手法から評価を行う方法である。

代表的な試験規格に JIS K 7201、ISO 4589 等があり、本部門では最新規格に基づく測定が可能である。また、JIS K 7201-3 (ISO 4589-3) で規定される高温における酸素指数(温度指数)の測定にも対応しており、火災に近づけた温度環境下(最大 150°C)での燃焼挙動についても評価可能である。

2.2.4 その他燃焼性試験

高分子材料の燃焼時における発生ガス種と量を明らかにし、火災時等の安全性、環境への影響を把握する燃焼生成ガスの分析(⑤生成ガスの成分)、消防法に基づく危険物確認試験でも用いられる引火点及び発火点測定(①着火性)、自動車に用いる内装材の燃焼性試験である FMVSS 302(①着火性、②火炎伝播性)等、評価項目及び測定対象に適した様々な燃焼性試験に対応している。

3. 応用事例 セルローズファイバー断熱材の新規試験方法開発

3.1 背景

セルローズファイバー断熱材は回収された新聞古紙を主原料に薬品処理で難燃性等の機能性を付与した多機能な綿状の天然木質繊維系断熱材であり、地球環境に配慮した断熱材で SDGs 達成に貢献できることから今後の需要増加が見込まれている³⁾。一方で綿状材料に対して酸素指数法に代表される燃焼性試験は開発されておらず、確立が求められていた。

本事例では一般的な酸素指数法を規定する JIS K 7201 を基に、セルローズファイバー断熱材の燃焼性試験方法の開発と定量評価の検証を行った。

3.2 評価試料

評価試料には JIS A 9523 適合の吹込み用セルローズファイバー断熱材(日本セルローズファイバー工業会提供)を用いた。表 1 に構成材料を示す。主原料である古紙の他に難燃化にも寄与するホウ素系化合物が混合されている。

表 1 試料の構成材料

構成材料	目的*
古紙	主原料
ホウ素系化合物	防火性、防かび性
有機質添加剤	撥水性

*JIS A 9523 に規定する性能

3.3 課題及び対策

綿状であるセルローズファイバー断熱材を既存の酸素指数法に適応するにあたり試験片の固定が課題となる。単体での垂直保持が困難であることから、試料の垂直保持を支援する機構が要求される一方、試料の燃焼反応を阻害しないことも必要である。また、セルローズファイバー断熱材は建築物の施工部位によって充填密度が異なるため、実用状況に近づけた評価には試験片の試料密度を制御することも必要となる。

検討の結果、図 2 に示すようなステンレス鋼製の支持枠と片面に金網を取り付けた治具を試料支持具として作製、支持枠にある 2 本のフォークの間と金網により囲まれた空間(長さ 120 mm×幅 38 mm×厚さ 10 mm) にセルローズファイバー断熱材を充填したものを試験片とした。また、試料支持具の空間内へ均等に解き広げた試料を 2 回に分けて充填、圧縮成型を行うことで試料密度を制御した試験片作製を可能とした。考案した試験片を既存の手法に組み入れ、セルローズファイバー断熱材の燃焼性試験方法と定めた。

開発した燃焼性試験方法を用いた試験状況を図 3 に示す。綿状であるセルローズファイバー断熱材でも固体試験片と同様に安定した試験の実施が可能であった。

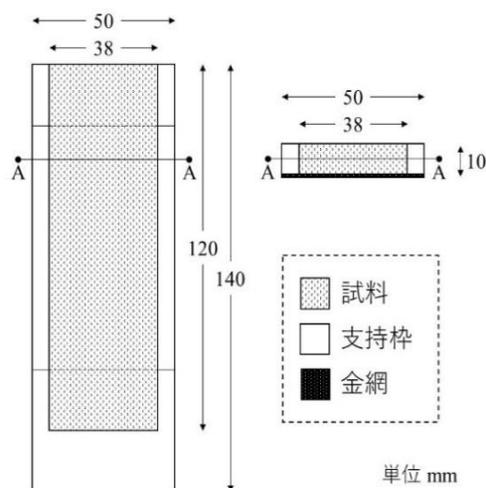
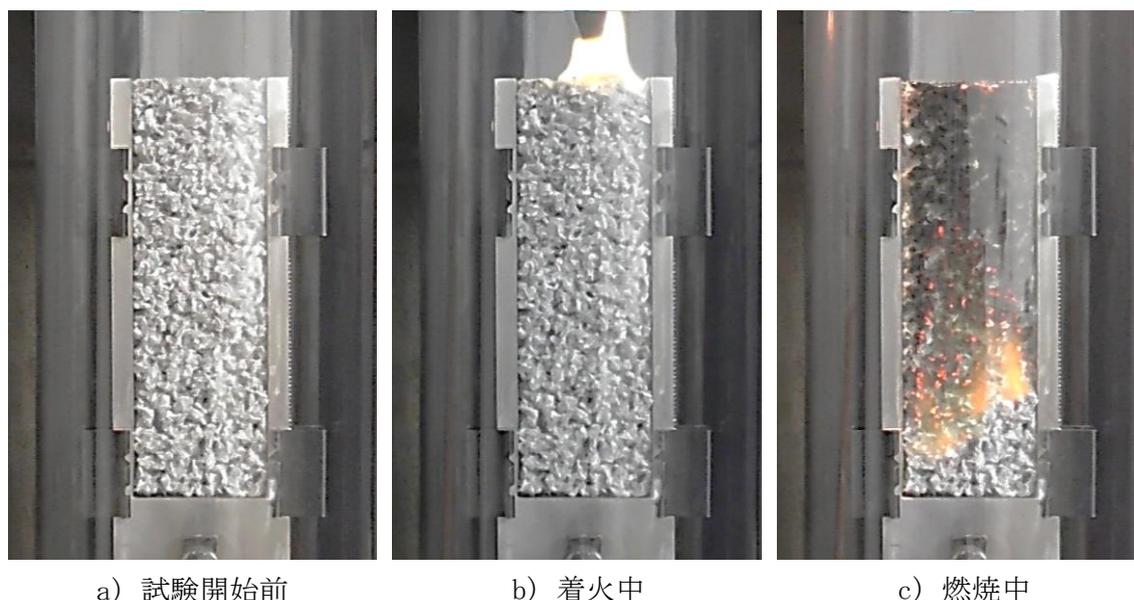


図 2 試験片形状



a) 試験開始前

b) 着火中

c) 燃焼中

図 3 燃焼性試験状況 (密度 25 kg/m³、酸素濃度 28%)

3.4 試験方法の精度検証及び規格化

開発した燃焼性試験方法の妥当性確認のため繰り返し測定による精度検証を行った。結果を表 2 に示す。推定標準偏差及び併行精度が JIS K 7201-2 で規定されている推定精度許容差を十分満たすことから試験方法の妥当性が確認できた。その結果、開発した試験方法が日本セルローズファイバー工業会の団体規格 (CFS-001:2022) に採用され規格化された。

表 2 繰り返し測定による精度精度 (密度 25 kg/m³)

単位 %

試験回数	酸素指数	(推定)標準偏差	併行精度
1 回目	27.5	0.11	0.1
2 回目	27.4	0.15	
95%信頼度に対する近似値*	—	0.2	0.5

なお、セルローズファイバー断熱材の実用状況を想定した条件における定量評価の検証結果は発表の際に報告する。

*JIS K 7201-2 付属書 E(参考) 表 E.1 推定精度許容差 抜粋

4. おわりに

本部門では最新規格に基づいた各種燃焼性試験に対応している。また、評価手法の開発等も実施しており、広く材料の難燃評価が可能となることで難燃化技術の発展の一助になることが期待される。

5. 参考文献

- 1) 一般社団法人日本建築学会. 防火材料パンフレット. 丸善出版. 1993.
- 2) 細貝亜樹ほか. 日本燃焼学会誌. 2014, 56(175), 47-58.
- 3) 断熱建材協議会. 断熱建材ガイドブック. 建築技術. 2017.