

鉄道車両用材料の難燃性能



山中 翔
Sho Yamanaka
材料技術研究部
防振材料研究室
主任研究員



豊原 匡志
Tadashi Toyohara
材料技術研究部
防振材料研究室
主任研究員

はじめに

鉄道車両の内装材料には樹脂やゴムなどの有機材料が広く使用されています。これらの有機材料は、その性質上、金属よりも燃えやすく、車両火災の拡大を抑制するために、難燃対策が施されています。本記事では、鉄道車両で使われる材料と難燃対策の概要について説明するとともに、鉄道車両用材料の難燃性評価手法を紹介します。また、火災に対する鉄道車両の安全性向上を目的として、欧州規格EN45545を

ベースとした新たな国際規格制定に向けた議論が進展しています。こうした動向に対して、鉄道総研では国内の省令で規定される燃焼試験の諸課題に対応するため、新たな燃焼試験装置を設計・導入し、国内で使用される鉄道車両用材料の燃焼特性を把握してきました。また、欧州規格に定める燃焼試験を実施し、鉄道総研で設計・導入した新たな燃焼試験装置で得られた結果との比較を併せて報告します。

図1 車両用材料燃焼試験



鉄道車両で使われる材料と 難燃対策の概要

日本における鉄道車両材料は、適用部位に応じて燃焼区分が規定されています。その燃焼区分は「鉄道に関する技術上の基準を定める省令」（以下、省令）、および、省令の解釈基準で定められており、アルコールランプを用いた燃焼試験の結果で決定されます¹⁾。この燃焼試験は、図1に示すように、B5サイズに加工した試験体を45度の角度で保持し、アルコールランプで加熱・燃焼させる試験です。この燃焼試験には正式な名称はないものの、「車両用材料燃焼試験」を略して「車材燃試」もしくは「45度法試験」と呼称されることが多いです。この燃焼試験の評価項目には、試験体への着火の有無や、目視による煙発生量の評価、燃焼後の試験体の変形・炭化長さなどがあります。これらの試験結果から材料の燃焼区分が決定され、燃えにくい順に不燃性、難燃性、可燃性などに区分されます。不燃性の材料は壁面、天井用部材などに、難燃性の材料は座席、床敷物などに使用されます。一方、難燃性に満たない可燃性と決定された材料については鉄道車両に使用できません¹⁾。このように材料を使用する部位ごとに燃焼区分を規定し、基準を満たす材料のみを使用することで、鉄道車両の火災に対する安全性を確保しています。このアルコール燃焼試験は簡便かつ短時間で実施できる試験ですが、燃焼中に発生する煙量については定性的な評価にとどまり、発生ガスの毒性に関する評価については含まれていないという課題があります。

一方で、欧州の鉄道車両規格であるEN 45545では、材料が適用される部位ごとに、実施す



図2 CCM試験装置



図3 スモークチャンバー試験装置

る燃焼試験や、その基準値を細かく設定するとともに、各評価項目に対して定量的な結果が得られる試験方法を採用しています²⁾。例えば、コーン型のヒーターを利用して材料を加熱し、材料燃焼時に消費する酸素の量から材料の発熱量を測定するコーンカロリーメーター燃焼性試験（図2）や、閉鎖空間（チャンバー）内で材料を燃焼させ、チャンバー内に滞留した煙を採取・分析し、燃焼時に発生する煙量と煙に含まれる燃焼ガスの成分を定量的に評価するスモークチャンバー試験（図3）が実施されていま



図4 CCM-IR試験装置

す²⁾。なお、コーンカロリメーター燃焼性試験は、2002年に発生した韓国の地下鉄放火事件を受けて改正された省令において、地下鉄や新幹線車両の天井材に対して、材料の耐燃焼性の評価のために追加的に実施される試験として定められています¹⁾。

鉄道車両用材料の新しい難燃性評価手法

鉄道車両火災による被害を減じるためには、旅客や乗務員の円滑な避難と車両の安全な場所までの退避が重要です。また、火災に対して安全性の高い車両の設計には、旅客や乗務員の避難を妨げる煙や有毒ガスの発生を抑制し、車両構体が受ける輻射熱も抑制することが必要です。そのため、難燃性を評価するためには、避難時間を考慮しながら火災の発生段階からの発生熱量と、燃焼ガスの発生量や成分の経時変化を把握することが重要です。そこで、熱量の経時変化を評価可能なコーンカロリメーター燃焼

試験装置 (CCM) に、燃焼ガスの成分と発生量を評価できるフーリエ変換赤外分光式ガス分析装置 (FT-IR) を組み合わせた燃焼試験装置 (以下、CCM-IR試験装置) を鉄道車両材料の燃焼特性の把握に適した仕様になるように設計して、鉄道総研に導入しました (図4, 図5)。そして、国内の鉄道車両で使用される代表的な材料に対して試験を実施し、スモークチャンバー試験から得られる結果と比較した結果、良好な相関が得られました。

鉄道車両用材料の燃焼特性

試験材料として、汎用的な床敷物である塩ビ系床敷物を選定しCCM-IR試験装置による試験を実施するとともに、比較として欧州規格で規定されるスモークチャンバー試験を同じ材料に対して実施しました。試験体の大きさは、CCM-IR試験装置ではCCM試験と同様に100mm×100mm×敷物の厚さ、スモーク

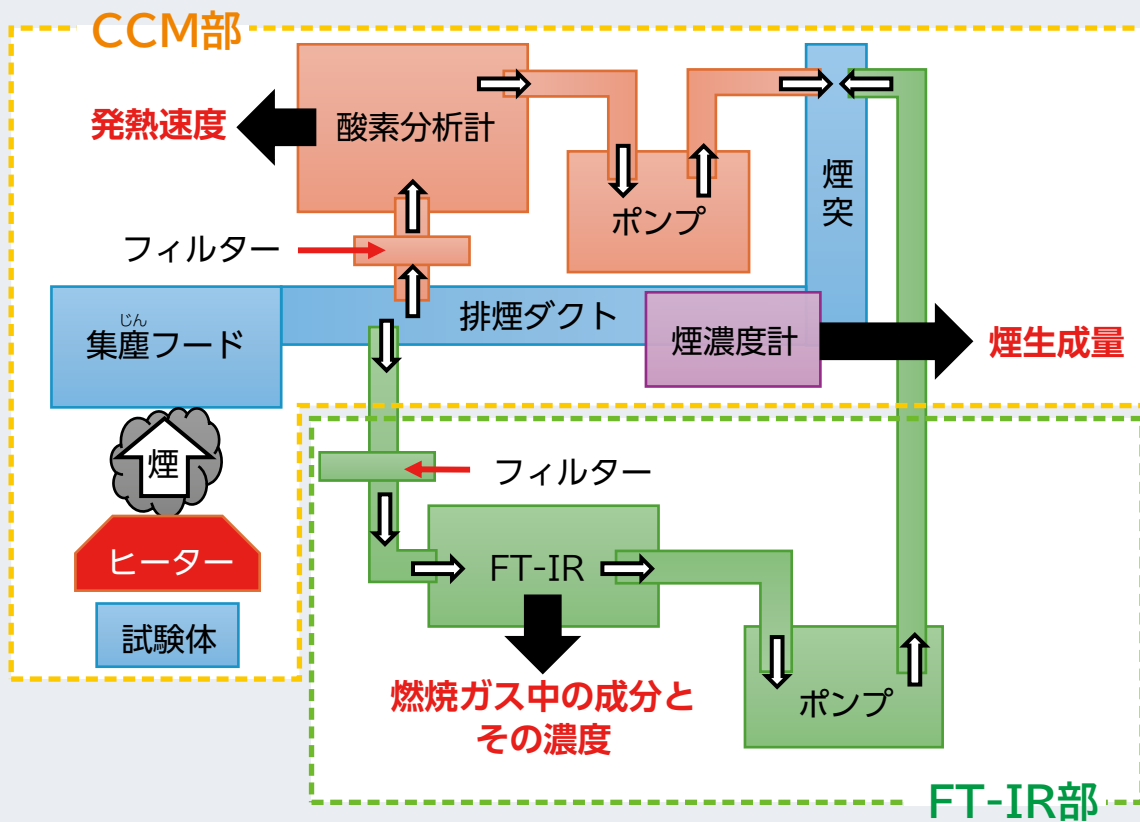


図5 CCM-IR試験装置仕組み

チャンバー試験では欧州規格で定める75mm×75mm×敷物の厚さとしました。また、分析する有毒ガスの種類は欧州規格に準じて二酸化炭素(CO₂)、一酸化炭素(CO)、臭化水素(HBr)、塩化水素(HCl)、シアン化水素(HCN)、フッ化水素(HF)、一酸化窒素(NO)、二酸化

窒素(NO₂)、二酸化硫黄(SO₂)の9種類としました。

CCM-IR試験装置による塩ビ系床敷物の燃焼試験結果を図6から図9に示します。図6は燃焼前後の塩ビ系床敷物の外観を示しており、燃焼後には可燃性の物質がすべて燃えていることが

図6 CCM-IR試験装置前後の試験体の状態



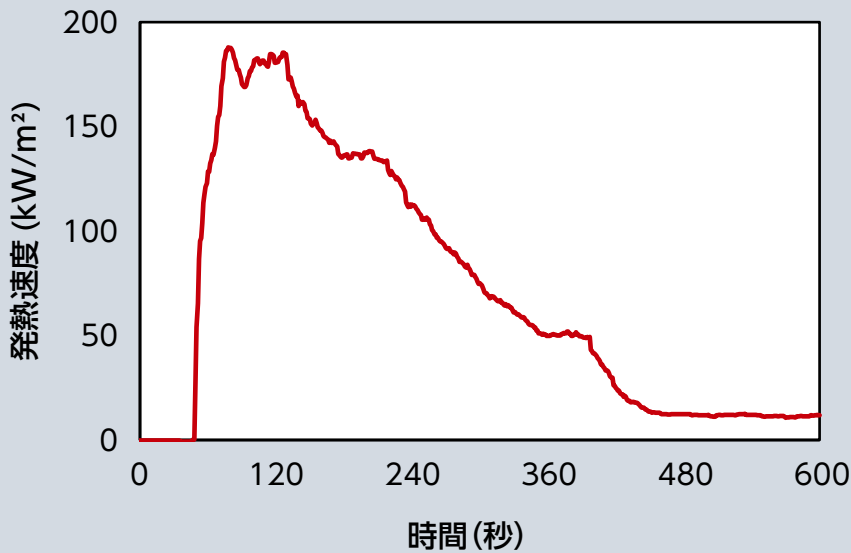


図7 塩ビ系床敷物の発熱速度

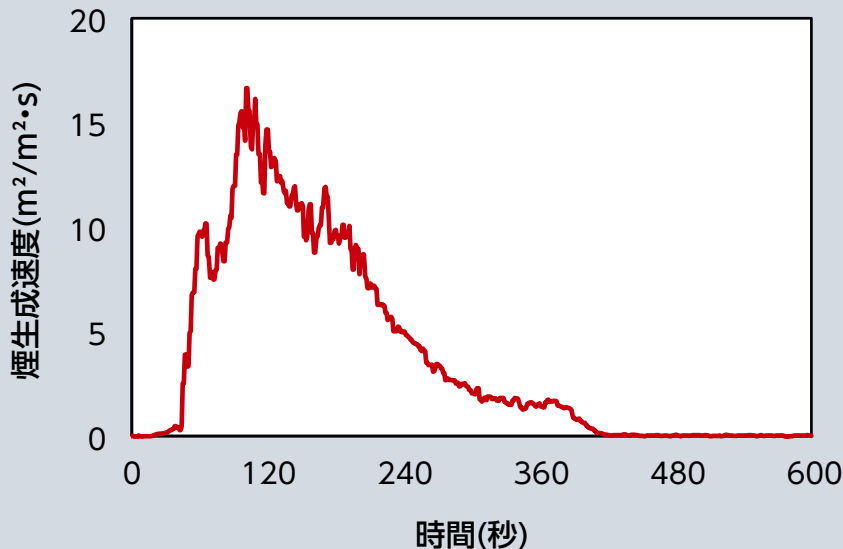


図8 塩ビ系床敷物の煙生成速度

分かります。図7は燃焼時の発熱速度を、図8は煙の生成速度を表しており、試験開始とともに燃焼が開始し、発熱速度の増加とともに煙の生成速度も増加することがわかります。また、図9は燃焼時に発生する各ガスの濃度を表しており、材料の燃焼に伴いHClやCO、CO₂を発生させながら燃焼していることがわかります。

図10はCIT_G[®]と呼ばれる有毒ガスが人体に与える影響を数値化した指標の経時変化を示しています。CIT_Gは、欧州規格でも用いられる指標で、一定の体積をもつ閉鎖空間に蓄積したガスの濃度から算出します。通常はスモークチャンバー試験から得られる値ですが、今回はCCM-IR試験装置の総排気量に占める有毒ガスの量から疑似的にCIT_Gを算出しました。

欧州規格ではCIT_Gの値を試験開始後240秒後および480秒後に実施することとしています。スモークチャンバー試験から得られた結果とCCM-IR試験から得られた結果を表1に示します。この表では上記の試験体を含めて、それぞれ3枚の試験体について試験を実施した結果をまとめてい

☞ CIT_G

Conventional Index of Toxicity, General Product (毒性の標準指数)の略で、人体に与える毒性を数値化した指標です。人体に与える影響に応じて、ガスの種類ごとに“重みづけ”を設定していることが特徴です。

ます。このように、スモークチャンバー試験から得られた結果とCCM-IR試験から得られた結果は同程度の大きさ・バラつきに収まっていることから、スモークチャンバー試験から得られた結果とCCM-IR試験から得られた結果には一定の相関があることが確認されました。

おわりに

鉄道車両材料の燃焼時に発生する発熱量，煙量，有毒ガス発生量の経時変化を同時に測定できる燃焼試験装置を設計・導入しました。この装置を用いて，日本国内の代表的な鉄道車両材料の燃焼特性を評価した結果，発熱量，煙量，有毒ガス発生量の経時変化評価が可能なことと，欧州規格で採用される試験の結果と一定の相関があることがわかりました。鉄道車両火災は発生する頻度はまれですが，一度起こると大きな被害が予想されるため，少しでも被害を抑制できるような取り組みを今後も継続していきます。RRR

文献

- 1) 国土交通省「鉄道に関する技術上の基準を定める省令等の解釈基準」第8章第5節第83条
- 2) EN 45545-2 : Railway applications - Fire protection on railway vehicles, 2013.

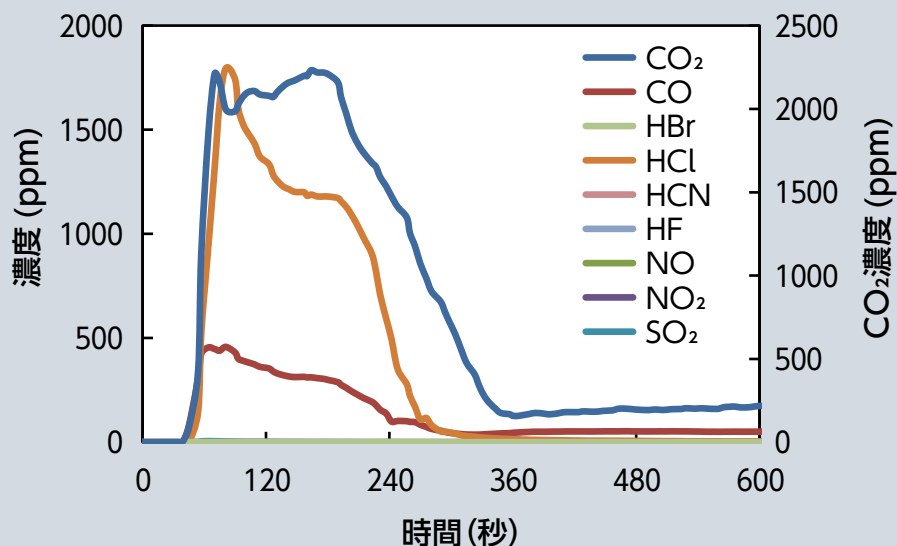


図9 塩ビ系床敷物の発生ガス成分

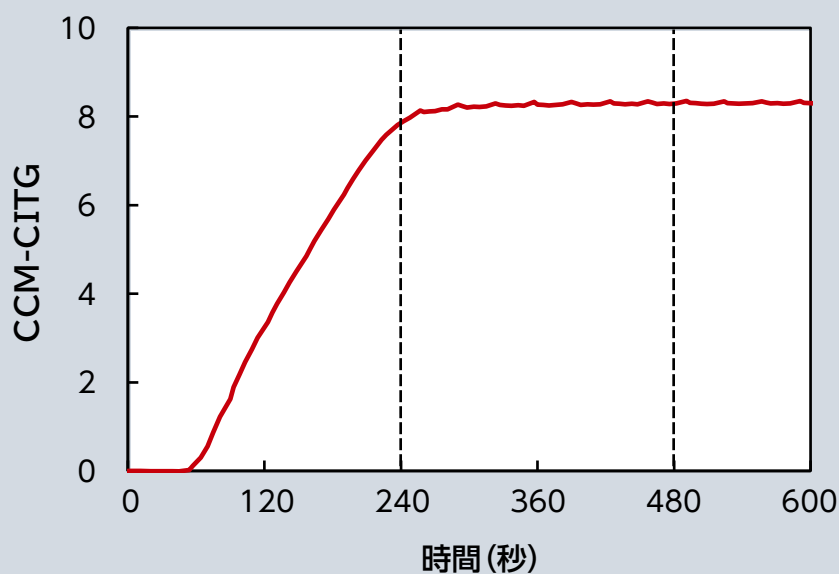


図10 塩ビ系床敷物のCIT_Gの経時変化

表1 塩ビ系床敷物のCIT_Gの比較

| | スモークチャンバー試験 | CCM-IR 試験 |
|--------|-------------|-----------|
| 240 秒後 | 3.5 ~ 3.9 | 7.9 ~ 8.1 |
| 480 秒後 | 4.3 ~ 5.1 | 8.4 ~ 8.5 |