

鉄道車両における燃焼性の 評価手法

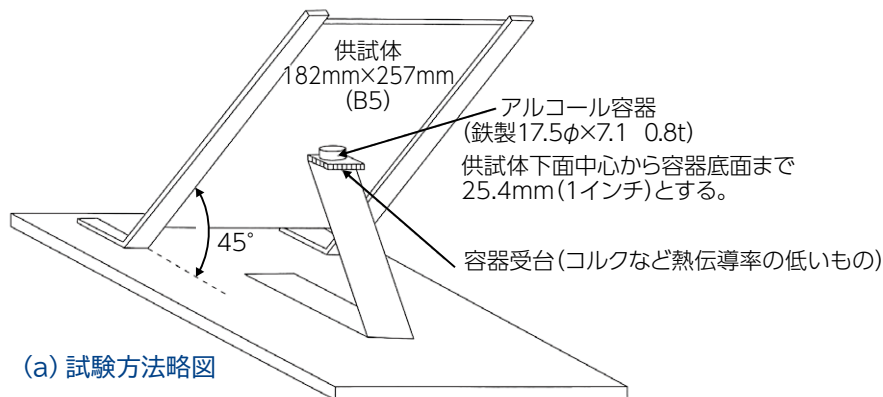
はじめに

近年の列車火災発生件数は年間数件程度¹⁾で推移しているが、人的な被害が生じるような列車火災事故の発生はまれとなっています。しかし、1950年頃までは国鉄だけで年間120件を超える列車火災が発生していました²⁾。

鉄道車両の火災対策はいくつかの被害の大きな事故を契機として前進し、対策が進むにつれて列車火災発生件数やそれによる死傷者数は徐々に減少してきました³⁾。その一方で近年、

列車内での放火による火災発生やモバイルバッテリーからの発煙現象など過去には想定していなかった、あるいは見られなかった事象も発生しています¹⁾⁴⁾。

火災対策として燃焼性の低い製品（たとえば空調機器本体・ダクト配管用断熱材⁵⁾やラミネートフィルム・メディア・下地材を組み合わせた外装用ラッピング材⁶⁾）が開発されており、燃焼性の評価が重要になる一方、国内と海外では評価手法が異なっています。



区分	アルコール燃焼中				アルコール燃焼後			
	着火	着炎	煙	火勢	残炎	残じん	炭化	変形
不燃性	なし	なし	僅少	—	—	—	100mm以下の 変色	100mm以下の 表面的変形
極難燃性	なし	なし	少ない	—	—	—	試験片の上端に 達しない	150mm以下の 変形
	あり	あり	少ない	弱い	なし	なし	30mm以下	
難燃性	あり	あり	普通	炎が試験片の 上端を越えない	なし	なし	試験片の上端に 達する	縁に達する変形, 局地的貫通孔

(b) 判定基準

図1 省令における鉄道車両用材料の燃焼性判定方法（鉄道車両用非金属材料の試験方法 I ⁷⁾）

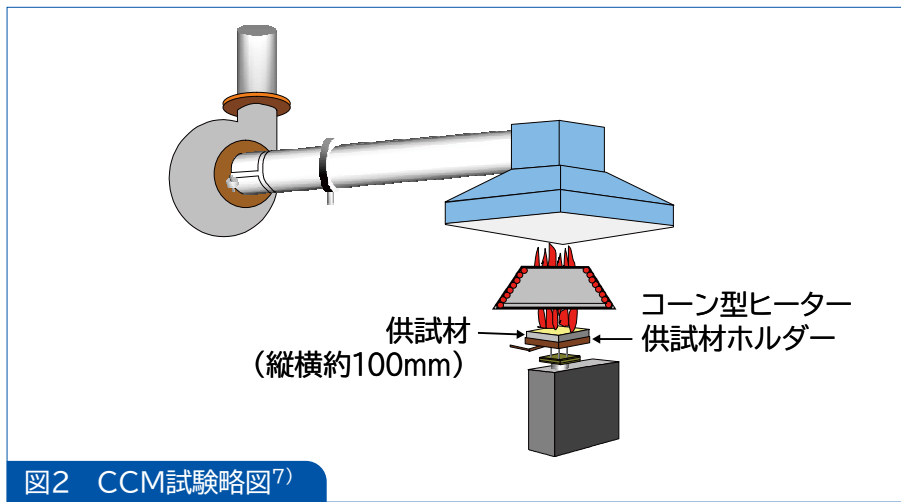


図2 CCM試験略図⁷⁾

ここでは、鉄道車両における燃焼性の評価について、関連する基準や最近の研究開発の動向を中心に紹介します。

鉄道車両の火災対策に関する基準

鉄道車両の火災対策に関する国内基準は、「鉄道に関する技術上の基準を定める省令」（以下、省令）第八章第五節「車両の火災対策等」で定められており、その具体的な内容が解釈基準に示されています。例えば省令第83条の解釈基準には①車両の難燃構造および車両に用いられる材料の燃焼性、②機関車、旅客車、乗務員が乗務する貨車への消火器の設置、③車両間の貫通口への扉の設置に関する記述があり⁷⁾、車両火災対策の中心的な内容とされています。これらは解釈基準の解説⁸⁾に示されている、①車両が出火源とならないための出火防止対策、②仮に出火しても車両の不燃化等を図った延焼防止対策、③万が一の火災の場合の避難路確保など被害軽減対策、の考え方に基づいています。

鉄道車両に用いられる材料については不燃性、極難燃性、難燃性に区分され、車両の部位（屋根、天井、床など）および運行形態によりどの区分の材料を使用できるかが示されています。例えば壁面や天井用部材は不燃性の材料を使用しなければならず、難燃性の材料は床敷物や座席モケットなどに使用できます。材料の区分は図1に示すアルコール燃焼試験および判定基準によ

り決定されます。

一方、海外では、実物の鉄道車両や実物大のモックアップを用いた大規模な燃焼試験の実施例⁹⁾が国内と比べて多く、フラッシュオーバー現象に至るまでの炎の挙動をはじめとする延焼時の部材相互間の影響を観測するなどの成果が得られています。これらの成果の多くは燃焼試験規格などに反映されており、欧米の燃焼試験規格は国内基準と評価方法が異なっています。米国規格 (NFPA 130) では、床材と屋根に関して大規模な組成部材の耐火試験、火災リスク分析の実施が義務付けられています。また、欧州規格 (EN 45545) は発煙性試験・毒性試験・耐火試験など試験項目が多く、車両や線区の状況を考慮した定量的な評価が要求されています。

最近の研究開発動向

国内基準で定められたアルコール燃焼試験は材料に負荷する熱量が低く、評価項目によっては定性的な面があり、大火源を想定した条件下での定量的な燃焼特性の把握が課題でした⁷⁾。そこで鉄道総研では、国内で使用実績のある鉄道車両用材料に対して、ISO 5660-1に規定され、建築材料の燃焼試験などで一般に採用されている定量的な燃焼評価試験であるコーンカロリーメーター燃焼試験（以下、CCM試験）により、国内基準における燃焼区分を定量的に評価しました（図2）。その結果、区分判定の試験方



図3 CCM-IR試験装置の外観¹⁾

法や判定方法には定性的な面がある一方で、燃焼区分は定量的に評価されていることが確認されました¹⁰⁾。

火災に対する安全性の高い車両の設計には、煙や有毒ガスを抑制するとともに、車両構体が受けるふく射熱を抑制することが効果的です。鉄道総研では、これらの評価で重要な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CCM-IR試験装置(図3)を新規に設計・試作しました¹¹⁾。本装置を用いて国内の代表的な鉄道車両用材料の燃焼特性を評価した結果、材料の構成に合わせて燃焼挙動と燃焼ガスに含まれる成分が段階ごとに変化することが確認され、材料燃焼中のガス発生なども含めた各種挙動をリアルタイムに把握することが可能となりました。

また、鉄道総研では、鉄道車両火災における火災性状を把握するため、想定される火災シナリオに合った火源を設計し、シミュレーションや部材などの比較的小規模な試験を組み合わせることによって客室空間や車両構体への影響を推定する手法についても検討されています¹²⁾。

今後の展望

鉄道総研では、これまでの研究開発の成果を活用し、国際標準である定量的な評価への対応

など、国際競争力の強化に資する国内基準の改良に向けた検討や、燃焼ガスの発生を抑制する新しい鉄道車両用材料の検討、鉄道車両火災における火災性状を把握し、車両構造面の対策につなげるための検討を進めています。

このように鉄道車両の火災対策や燃焼性の評価手法の改良は今も続いており、今後もその動向に注目していきたいと思えます。

(中嶋大智/企画室 企画)

文献

- 1) 運輸安全委員会：鉄道事故の統計, <https://jtsb.mlit.go.jp/jtsb/railway/rail-accident-toukei.php> (入手日：2022年1月21日)
- 2) 田中利男：列車火災, 日本鉄道図書, 1976
- 3) 高野純一：車両の火災対策, RRR, Vol.77, No.3, pp.32-35, 2020
- 4) 製品評価技術基盤機構：5年で2倍以上に!リチウムイオンバッテリー搭載製品の事故, <https://www.nite.go.jp/data/000096603.pdf> (入手日：2022年2月3日)
- 5) 積水化学工業：難燃技術, <https://www.sekisuichemical-foam.com/development/flammability/> (入手日：2022年1月21日)
- 6) リンテック：鉄道車両用不燃材料, <https://www.lag-japan.com/about/railway/> (入手日：2022年1月21日)
- 7) 国土交通省：鉄道に関する技術上の基準を定める省令の解釈基準, <https://www.mlit.go.jp/common/001398980.pdf> (入手日：2022年1月21日)
- 8) 国土交通省鉄道局監修：解説 鉄道に関する技術基準(車両編)第三版, 日本鉄道車両機械技術協会, 2017
- 9) たとえばNathan White: Fire Development in Passenger Trains, Centre for Environment and Risk Engineering Victoria University, Australia, 2010
- 10) 山中翔, 伊藤幹彌：車両用材料の燃えにくさを定量的に評価する, RRR, Vol.77, No.12, pp.20-23, 2020
- 11) 山中翔, 伊藤幹彌, 豊原匡志：鉄道車両用材料の燃焼ガス成分・発熱量の経時変化評価手法, 鉄道総研報告, Vol.34, No.10, pp.17-22, 2020
- 12) 高野純一, 石突光隆, 山内雄記, 山中翔, 豊原匡志：鉄道用腰掛燃焼試験とFDSによる再現解析の実施, 第26回鉄道技術・政策連合シンポジウム, No.S6-4-4, 2019