

鉄道車両用材料の難燃性能評価に関する 日本と欧州の違い



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

車両火災に対する安全性向上を目的とした欧州規格として、EN 45545「車両火災防護」シリーズがあります。EN 45545シリーズは車両火災時に鉄道車両の乗客と乗務員を保護するための要求事項を規定した規格です。本規格は、1991年から車両火災防護に関する要求事項をまとめた規格の開発に着手し、20年以上の議論を経て2013年に発行されました。その後、2021年より本規格のマイグレーション^①となる国際規格化に関する審議が始まりました。

一方で、日本の鉄道車両の防火基準は国土交通省の「鉄道に関する技術上の基準を定める省令」の第八章第五節第八十三条及び同解釈基準で規定されています。同省令は2002年に施行されましたが、翌2003年に大韓民国で発生した大邱地下鉄放火事件を受けて、2004年に関連する解釈基準の改正がなされました。

2026年現在、EN 45545シリーズをベース

① マイグレーション

マイグレーション (migration) は“移行”を意味し、現行の規格をベースに新たな規格を開発することを指します。国際規格開発では、各国の規格を持ち寄り一から開発することもあります。このようにすでに発行されている規格をベースに開発する例も多くみられます。

とした国際規格化に関する審議が継続していることから、EN 45545シリーズと日本の鉄道車両の防火基準の概要をまとめるとともに、改めて両者の差異や日本の課題について紹介します。

EN 45545シリーズの概要

EN 45545シリーズは表1に示す通り、7つのパートに要求事項が記載されています。本報告では、これらのうちPart 1「一般」とPart 2「材料および部品の火災に対する要求事項」について紹介します¹⁾。

EN 45545 Part 1について

EN 45545 Part 1では、EN 45545シリーズの用語や定義について規定されています。特に注目すべき点としては、運行線区のインフラ条件と走行する鉄道車両の構造を考慮して、「運転カテゴリー」と「設計カテゴリー」という二つの視点から車両の種類を分類していることが挙げられます。運転カテゴリーでは、乗客と乗務員の避難のしやすさから、4つのカテゴリーが設定されており、EN 45545 Part 2以降の各パートでは、この運転カテゴリーに対応する形で各要求事項が定められています。また、設計カテゴリーでは、自動運転車両や二階建て車両など、鉄道車両の特性に応じて4つのカテゴリーが設定されています。

表1 EN 45545シリーズの構成

Part 1	一般
Part 2	材料および部品の火災に対する要求事項
Part 3	ファイアバリアの耐火要求事項
Part 4	車両設計上の火災安全要求事項
Part 5	電気機器の火災安全要求事項
Part 6	火災検知・警報システム
Part 7	可燃性液体類の火災安全要求事項

EN 45545 Part 2について

EN 45545 Part 2では、運転カテゴリーと設計カテゴリーを組み合わせたハザードレベルが規定されるとともに、鉄道車両に適用する材料に対する要求事項と性能要件およびその試験方法が規定されています²⁾。ハザードレベルには、運転カテゴリーと設計カテゴリーを組み合わせたHL1～HL3が設定されています。

また、各材料に対する要求事項は、材料が使

用される部位に応じてR1～R28の28種類に区分されています。例として、壁材等の内装垂直面に使用される材料は要求事項R1で、床材に使用される材料は要求事項R10で規定されています。

性能要件は要求事項ごとに設定され、適用される試験方法と各試験において満足すべき基準値について規定されています。例として壁材(要求事項R1)の性能要件を表2に示します。

表2 EN 45545で規定される要求事項R1における性能要件

試験方法	ISO 5658-2	ISO 5660-1	EN ISO 5659-2		EN 17084
評価内容	延焼性	着火性	煙の発生量		煙の発生量
		熱発生率			煙の毒性
単位	kWm ⁻²	kWm ⁻²	m ² /m ²	min	無次元
HL1	20	—	600	1200	1.2
HL2	20	90	300	600	0.9
HL3	20	60	150	300	0.75
	CFE	MARHE	D _s (4)	VOF4	CIT _G

CFE： 限界熱流束

MARHE： 最大平均発熱速度

D_s(4)： 試験開始4分後における煙の特有光学密度

VOF4： 発煙開始後1分、2分、3分、4分における特定光学密度から得られる煙係数

CIT_G： 煙の毒性指標



図1 コーンカロリメーター燃焼性試験装置外観

EN 45545 Part 2で規定される 燃焼試験について

EN 45545 Part 2で規定される燃焼試験は17種類あり、材料が使用される環境に適した試験が数多く実施されていることと、火災の三大要素である「火炎」、「発煙」、「燃焼ガスの毒性」に関する試験を実施していることが特徴です。本報告では、これらの試験のうち、多くの要求事項で実施が規定されている、コーンカロリメーター発熱性試験とスモークチャンバー試験およびガス分析試験について紹介します。

■ コーンカロリメーター発熱性試験

本試験は、材料を円錐型のヒーターで加熱

し・燃焼させる試験です。材料燃焼時に消費される酸素の濃度を測定することにより、燃焼している材料の発熱量や発熱速度を測定することができます。EN 45545では最大平均発熱速度(MARHE)により燃焼している材料の発熱量を評価しています(図1)。

■ スモークチャンバー試験およびガス分析試験

本試験は閉鎖空間(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の濃度や有毒ガスの成分を分析する試験です。材料の燃焼は、前節のコーンカロリメーター発熱性試験と同様に円錐型のヒーターの加熱により行います。また、有毒ガスの成分分析はチャンバー



図2 スモークチャンバー試験およびガス分析試験装置外観

上方に設けたプローブからフーリエ変換式赤外分光光度計 (FT-IR) に導入して実施されます (図2)。

日本の鉄道車両の防火基準

日本の鉄道車両の防火基準は、2002年3月に施行された国土交通省「鉄道に関する技術上の基準を定める省令」で「旅客車の車体は、予想される火災の発生および延焼を防ぐことができる構造および材質でなければならない。」と規定されています。また、「材質」すなわち材料の燃焼区分は、同省令の解釈基準で規定される鉄道車両用材料の燃焼試験により評価されて

います³⁾。

■ 日本における鉄道車両材料の燃焼試験方法

日本における鉄道車両材料の防火基準では、車両の部位ごとに使用される材料の燃焼性を定めており、日本独自の試験で実施されています。この試験は図3に示すように、水平面から45度に傾斜して保持したB5判の試験材 (182mm×257mm) を、アルコールランプにより加熱します。アルコールランプには0.5ccのエタノールが規定の大きさの燃焼容器に入れられ、容器内のエタノールが燃え尽きるまで試験を実施します。



図3 日本における鉄道車両材料燃焼試験方法

日本における鉄道車両材料の判定方法

燃焼区分の判定は、表3に示すようにアルコールの燃焼中と燃焼後とに分けて目視で実施します。これらの評価結果により、不燃性であれば天井材や壁材として、難燃性以上であれば床材や腰掛材料などに使用できます。このように、日本の燃焼区分の判定は目視で行われるため、欧州規格と比較して定性的である一方、各材料の燃焼区分の判定が早く、試験方法も簡便であるため、迅速な材料開発に有利であるとも言えます。

また、地下鉄および新幹線車両に使用される天井材については、不燃性の判定を取得したう

えで、コーンカロリメーター発熱性試験を追加で実施し、耐燃焼性を評価する必要があります。以上のように、日本においては材料が使用される部位ごとに必要な燃焼区分を定め、独自の試験方法によりこれら进行评估し、鉄道車両の防火対策に努めています。

まとめ

欧州規格では、運転カテゴリーと設計カテゴリーとの組み合わせによるハザードレベルという概念が導入されています。また、材料についても設置場所などを基準に日本の規格より細かく要求事項を設定し性能要件を定めています。

表3 日本の鉄道車両材料の燃焼区分および判定方法

区分	アルコール燃焼中				アルコール燃焼後			
	着火	着火	煙	火勢	残炎	残塵 ^{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 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 片上端を 超えない	なし	なし	試験片の 上端に 達する	縁に達す る変形 局部的貫 通孔

さらに、材料の実用環境を考慮した試験が行われており、ほとんどの項目で定量的な結果が得られる試験方法を採用しています。そのため、多面的・実用的で試験者による差異が少ない結果が得られることが期待される一方、その実施に多大なコストが必要となります。

一方、日本の鉄道車両用材料燃焼試験は評価項目には定性的なものが多く、作業者によって結果の差異が生じやすい点は課題ではありますが、簡便かつ短時間で実施でき、比較的安価で利便性が高い試験であると考えられます。【RRR】

文 献

- 1) EN 45545-1 : Railway applications-Fire protection on railway vehicles, Part 1 General, 2013.
- 2) EN 45545-2 : Railway applications-Fire protection on railway vehicles, Part 2 Requirements for fire behaviour of materials and components, 2020.
- 3) 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，第八章第五節第八十三条