

自動車用プラスチック材料の 評価試験

有森 奏（ありもり・すすむ）*1

山崎 彩子（やまざき・さいこ）*1

Thomas Wagner（トーマス・ワグナー）*2

*1(株) UL Japan / *2 UL International Germany GmbH

はじめに

現在、自動車業界は100年に1度の大変革をもたらす“CASE”時代を迎えている。各社では革新的な技術を投じて大容量の電池を搭載したモータ駆動の電動自動車(xEV)の開発を急速に進めている。その結果、これまでとは異なる電装部品の開発も必要であり、さらに、材料メーカーも含むサプライチェーン全体で、この大改革に挑んでいる。

熱可塑性樹脂、エラストマー、複合材料などのプラスチック材料は、自動車業界の多数のコンポーネントやアセンブリで使用されており、それぞれ特有の性能要求に基づいて試験評価が行われる。例えば、外装用途は、耐衝撃性はもとより、耐候性、耐薬品性、耐熱性など多くの環境試験を行った後にそれぞれの評価試験を実施する。また、内装部品に対しては、機械特性に加え、耐スクラッチ性、耐摩耗性、さらには有機物質であるプラスチック材料特有の揮発性有機化合物量や臭気の試験なども実施することが求められる。

自動車の電動化・電装化に伴い、自動車用機能性材料に求められる要求は、領域が広がるとともに厳しさを増している。本稿ではその中核をなす電氣的（燃焼挙動）、機械的、耐電気特性（耐トラッキング試験）の評価試験の動向を中心に紹介する。

1. 燃焼性評価

1.1 UL 94 燃焼性試験

ULは、プラスチック材料の難燃性に関する調

査研究、評価を行ってきた成果として、1972年にUL 94「プラスチック材料燃焼性試験」規格を発行した¹⁾。この規格はそれ以来、多くの電気電子機器の規格において、樹脂材料に求められる基準の1つとして広く採用されてきた。UL 94の燃焼性試験では、水平方向（HB 定格）または垂直方向（Vもしくは5V 定格）に規定のサンプル（125 × 13mm、任意の試験厚 13mm以下）を保持し、規定の炎を接炎して試験を実施する。

これまで、プラスチック材料の自動車用途では射出成形やブロー成形、サーモフォーミング成形などを駆使して特徴的な部品成形を行ってきたが、近年では3Dプリンタを駆使した成形を利用することも検討され始めている。この時、従来の成形技術、つまり連続層での成形品と3Dプリンタで造形した不連続層での成形品の難燃特性は大きく異なることが懸念される²⁾。

ULが認証を発行したそれぞれの用途に使用されるプラスチック材料は、イエローカード、ブルーカードとして、Product iQ^{TM3)}およびPROSPECTOR^{®4)}などの各種データベースで情報公開される。プラスチック材料の使用者は、これらのデータベースを使用して、製品用途に適した部材の選定を行っている。

自動車分野では、電気自動車用の給電システムやバッテリーシステムのUL規格において、UL 94の燃焼性、耐電気特性、長期耐熱特性、屋外用途特性（耐UVや耐水特性）などのUL 746シリーズ⁵⁾の規格への適合が求められる。また、自動車の電動化、電装化に伴い、難燃性対策の重要性が増す中、内装部

品の燃焼性に対する基準として、アメリカ合衆国運輸省が規定する燃焼試験 FMVSS 302⁶⁾が、米国国内のみならず、各国・地域の自動車メーカーが自社規格に取り込む形で広く採用されている。

1.2 FMVSS 302 燃焼性試験

FMVSS 302 燃焼性試験では、UL 94 と異なり、使用用途に合わせ、4 × 14 inch (102 × 355mm)、最大厚 1/2 inch (12.7mm) という非常に大きい試験サンプルを使用する。燃焼キャビネット 8 × 15 × 14 inch (203 × 381 × 355mm) (図 1) の内部で、ブンゼンバーナーで水平にセットしたサンプルに 15 秒接炎する試験を行い、炎の伝搬速度が 4 inch/min (102mm/min) 以下であることが要求される。試験サンプルの厚みは、試験結果に大きな影響をもたらすため、各用途に適した試験サンプル厚で試験を実施することが必要である。

1.3 グローワイヤ試験

UL 94 や FMVSS 302 の燃焼性試験は実際の炎を接炎して難燃性を評価する試験方法であるのに対し、グローワイヤ試験は、加熱したワイヤを接することによる耐着火性を評価する特色がある。近年、自動車用プラスチック材料の難燃性評価手法として、FMVSS 302 および UL 94 などの燃焼性試験に加え、グローワイヤ試験が採用される動きがみられる。例えば、グローワイヤ試験は、電気自動車用の規格である、IEC 62196 シリーズ⁷⁾で採用されており、IEC 60695-2-11⁸⁾を適用することを求められている。

グローワイヤ試験は、所定の温度に加熱したグローワイヤの先端を 30 秒間接触し、その際の試験サン



図 1 FMVSS 302 燃焼性試験

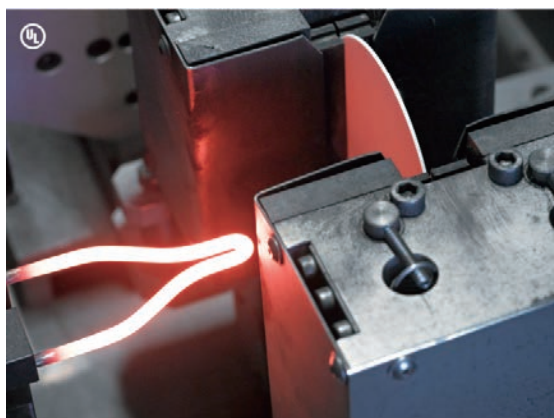


図 2 グローワイヤ試験

ブルの着火温度を測定する。この試験結果は、サンプルの種類および試験サンプル厚に依存することから実製品・部品の厚みを考慮したサンプル厚での試験が必要である。

2. 機械特性試験

通常、自動車用途に使用されるプラスチック材料は、引張試験、曲げ試験、衝撃試験、耐熱試験などの機械特性試験のデータを各社が規定する試験方法に基づき評価しなければならない。さらに、用途によっては、耐熱老化試験、耐 UV 試験、恒温恒湿試験、低温から高温をプログラム設定した熱サイクル試験、さらには耐オゾン試験などを実施し、その試験の前後での各機械特性の保持状態を確認することが要求される場合もある。一般的な試験方法に加えて、ますます複雑化する材料やコンポーネントの評価に適した試験を実施することが重要となっている。さらに、ガラスファイバーなどの強化プラスチック材料の外装部品など大型成形品では、成形金型のゲートサイズや位置など、成形品内での強度のばらつきが懸念される。そのため、強度のばらつき度合いや必要な強度が保持されていることを実成形品から試験片を切り出し、評価することが必要となる。自動車関連のプラスチック材料の評価設備を持つ UL Krefeld 試験所（ドイツ）では、この評価試験サービスを提供している。また、切り出した試験片の様々な環境試験を行うことにより、評価試験データをワンストップで提供できる体制を保有している。

次に高速引張試験およびカーボンコンポジット材料の試験について、さらに詳しく解説する。

2.1 高速引張試験

自動車の外装用途でも使用されるプラスチック材料は、特殊な試験条件で評価を行うことが必要であり、高速引張試験もその1つである。引張速度を通常速度より高速に変えることにより、そのプラスチック材料自体の持つ極限の強度を評価できる。また、その試験の温度環境の因子を加えることにより、さらにプラスチック材料の持つ特性を顕在化する。UL Krefeld 試験所では、設定温度 -40 ~ 200℃の恒温槽チャンバ内で 20m/sec (72km/h) の高速引張試験を実施できる。また、高速ビデオカメラを用いて試験中の局所変化を撮影し、試験サンプルが破断する瞬間の状況観察、および、画像集録ソフトウェアによる分析を行う（図3参照）。



図3 高速引張試験

2.2 コンポジット材料の試験評価

軽量化・高強度の目的で自動車部品にガラス繊維強化に加え、炭素繊維強化プラスチック材料が採用されている。このような高強化プラスチック材料は、延伸性を欠くため、従来のプラスチック材料に適用してきた引張試験（ISO 527-2⁹⁾など）を適応できない。

従来の引張試験はダンベル形状の引張試験片を用いるのに対し、複合材強化プラスチック材料ではISO 527-4/5¹⁰⁾に従った試験片、ロッド状試験片を用



図4 ひずみゲージ DMS による形状変化の検出 (0 および 90°)

いる。試験中の形状変化を測定するため、歪み測定ストリップを取り付け、試験を実施する（図4）。これにより、繊維強化複合材料の比較的低い伸び率を正確に求めることができる。新しい炭素繊維強化熱可塑性複合材料の用途は広まっているが、材料の進化により、今後、複合材料の製品の厚みが薄くなり、それら材料の特性を評価できる試験方法の開発が必要となっている。

3. 耐トラッキング試験

自動車の電動化に伴い高電圧への対応が求められる電池モジュールやセルホルダーなどの部品において、電気絶縁性や難燃性を有するプラスチック材料は重要な役割を果たしている。部品への使用の適否を検証するために実施する耐電気特性試験の1つに、耐トラッキング試験（CTI）があるが、この試験は 600V までの電圧の評価を対象としている。一方、製品の高電圧化に伴い、600V を超える電圧に対する耐トラッキング性の評価の需要が高まっており、IEC 60587¹¹⁾や ASTM D2303¹²⁾で定義されている傾斜トラッキング試験（IPT）が注目を集めている。IPT では、図5に示すように所定のサイズのサンプルを 45°の傾斜に保持し、電極間に 0.1% 塩化アンモニウム水溶液を流しながら所定の電圧をかけ、トラッキングするまでの時間を計測する。5つのサンプルの平均をその電圧での耐トラッキング時間とする。1000V 以上の高電圧下での耐トラッキング性の評価は今後、自動車用途において重要になると考えられる。

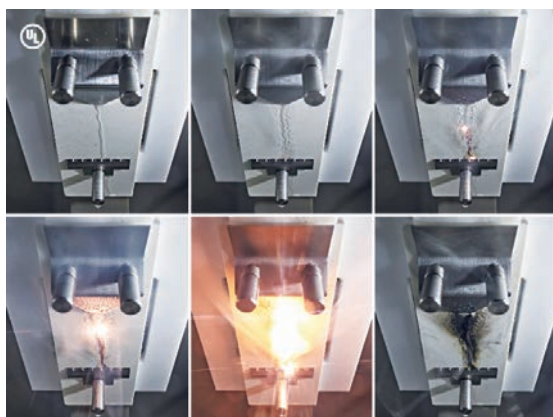


図5 IPT 試験

4. おわりに

自動車用途に使用されるプラスチック材料に対して実施される試験は、今回紹介した上述の試験に加え、耐熱性、恒温恒湿性、耐候性などの環境試験、化学物質の放散、シートなどに使用される繊維、表面特性、耐薬品性試験・分析など多岐にわたる。また、自動車分野でもIoT化が進む中、各デバイス・コンポーネント製品に対してより広周波数帯で電磁波シールド特性等が評価されており、これら用途においてもプラスチック材料の採用が検討されている。性能評価試験に加えデバイスやコンポーネントの作製を行わなくても、各種特性を推定可能なシミュレーションを活用することが、今後重要な技術の一つとなると考えている¹³⁾。ULでは、燃焼性試験、機械物性評価試験やシミュレーション評価試験などをはじめとする自動車に関わる各種評価試験を包括的に提供し、製造者の製品開発から市場投入に至る一連のプロセスを支援している。

参考文献

- 1) UL 94: "Standard for Tests for Flammability of Plastic Materials for Parts in Devices and Appliances"
- 2) 藤村直哉, 山崎彩子, 有森 奏, "3D プリンタ用樹脂材料の難燃性評価 (ブルーカードプログラム)", JETI, 65(12), 23, 2017
- 3) Prosudct iQ: <https://iq.ulprospector.com/>
- 4) Prospector: <https://www.ulprospector.com/>
- 5) UL 746 A ~ 2D: Standard for Polymeric Materials
- 6) "Laboratory Test Procedure for Flammability of Interior Materials FMVSS 302", <https://www.nhtsa.gov/sites/nhtsa.dot.gov/files/tp-302-03.pdf>
- 7) IEC 62196: "Plugs, socket-outlets, vehicle connectors and vehicle inlets - Conductive charging of electric vehicles"
- 8) IEC 60695-2-11: "Fire hazard testing - Part 2-11: Glowing/hot-wire based test methods - Glow-wire flammability test method for end-products (GWEPT)"
- 9) ISO 527-2: Plastics - Determination of tensile properties - Part 2: Test conditions for moulding and extrusion plastics
- 10) ISO 527-4/5: Plastics - Determination of tensile properties - Part 4: Test conditions for isotropic and orthotropic fibre-reinforced plastic composites, および part 5: Test conditions for unidirectional fibre-reinforced plastic composites
- 11) IEC 60587: Electrical insulating materials used under severe ambient conditions - Test methods for evaluating resistance to tracking and erosion
- 12) ASTM D2303: Standard Test Methods for Liquid-Contaminant, Inclined-Plane Tracking and Erosion of Insulating Materials
- 13) 花澤理宏, 中山勝, 山中稔, "電磁界シミュレーションにおける金属薄膜のモデリング手法に関する基礎検討", 電子情報通信学会マイクロ波研究会, MW2016-119, vol. 116 (310), 15-19 (2016) など