

ポリカーボネート材料で、LEDチューブの耐久性の問題に対応

ビル・マーシャル

従来の直管形照明に代わる固体照明には、内部のLED光源と同等に堅牢な外覆と光学材料が必要である。本稿では、LEDチューブにポリカーボネートを使用するメリットについて説明する。

直管形蛍光灯は長年にわたり、オフィスや工場などの商業環境で広く使用されてきた。この照明が効果的であることに変わりはないが、それよりも技術的に高度なLED照明への移行に伴い、直管形照明を置き換えることが現在のトレンドとなっている(<http://bit.ly/1y9sI64>)。LED照明は、効率が高く寿命が長い点において非常に望ましい。固体照明(SSL: Solid State Lighting)が備える高い発光効率(電力あたりの光出力)を活用するために、広く使用されている直管形蛍光灯をLEDチューブに置き換えることには、デザインと光学的な観点の両方において課題がある。この課題に対処するために、照明メーカーは通常、材料供給メーカーと提携し、高度な材料を使用して必要なレンズ外観、組み立て方法、光学的性能を達成する。それによって性能とコストの両方で、世界的な競争力を得ることができる。

本稿では、直管形照明の代替として人気の高いLEDチューブの材料としてポリカーボネートを使用することについて解説する。その物理的および光学的特性に加え、それがLED照明デザイナーにもたらすその他のメリットを説明する。

競争激しい市場

米ストラテジー・アンリミテッド社(Strategies Unlimited)の市場調査担

当ダイレクターを務めるフィリップ・スモールウッド氏(Philip Smallwood)がStrategies in Light 2015で発表した調査内容によると、世界中で何十億個もの白熱灯と直管形蛍光灯が今後5年間で置換されると推定されるという(<http://bit.ly/1FQd6mh>)。その両方の照明に対して、LEDが急速に浸透している。環境的な観点において、LED照明には従来の蛍光灯に勝るメリットがある。米環境保護庁(EPA: Environmental Protection Authority)が産業汚染物質として挙げる有害汚染物質である水銀を含まないためである。加えてLEDは、直管形蛍光灯よりもエネルギー効率が高く、寿命が長い。

そのためにLED市場は現在、非常に競争が激しく、また、非常に分断化された状態にある。この環境において一歩抜きん出るには、競争的な価格、高い製品品質、優れた光学的性能の間のバランスが求められる。したがってメーカーには常に、デザインと製造上の課題が生じる(<http://bit.ly/1QbzEEa>)。

LEDチューブ照明用の材料を製造する際には、複数の条件を検討する必要がある。プラスチック、特にポリカーボネートは、他にはない性質と多用途性を備えることから、材料として一般的に採用されている。検討事項としては、光学的性能、機械的性質、安全性、デザインの柔軟性があり、以下ではそ

の各項目について説明する。

光学的性能

LEDは、非常に輝度の高い無指向性の光源とすることが可能で、メーカーは、最大限の輝度を得るために発光面を通して光を直接透過させるか、あるいは、光源がどこにあるかわからないほど均一な配光によって拡散された光を生成することのできる材料が必要となる。LEDメーカーやデザイナーは、最適なレベルで光を放ちつつLED光源を隠すことのできる材料を見つけることがどれだけ困難であるかを理解している。これは、外観を美しく見せるためだけでなく、LED照明技術の主要目標である最適なエネルギー効率を確保するためにも重要なことである。

LED光源の外覆には、透過または拡散される光量を制御する働きがある。できる限り最適な光透過率と最大限の効率を確保するために、透明度と純度の高い材料を求める顧客は多い。しかし、用途と最終製品に求められる外観によっては、配光の均一性にも配慮する必要がある。ポリカーボネートは、複合工程を通じて特定のニーズに適合させることができる。透明なポリカーボネート樹脂に対し、90%を超える光透過率が達成可能である。一部のポリカーボネート樹脂には光拡散剤が添加されている。これは一般的にはポリマー材

料で、光の透過と拡散の最適なバランスを得るための特定の形状、粒子サイズ、屈折率を備える。このようなポリカーボネート樹脂を使用することによって、部品の発光面全体にわたって卓越した光均一性を達成しつつ、輝度の高いLED光源を隠し、「ホットスポット」を失くすことができる。

供給メーカーのニーズとエンドユーザーの期待を最大限に満たす最適な配光を達成するために、LED光学部品や外覆の製造を開始する前に、このようなポリカーボネート樹脂の光透過と拡散を正確に定量化するための試験が行われる。図1に示すように透過光量が角度0°における透過光量の50%となる、D50と呼ばれる角度を判定するために、可変角度計と直接光源を用いて、試料の濃度レベルを変えながらさまざまな光拡散剤の効果が測定される。開発者はこの計測データに基づき、最終製品に求められる特性の組み合わせに適切な拡散技術を選択することができる。

光拡散用の添加剤は光の透過率と照明の効率に影響を与え、光透過用の添加剤は光拡散に影響を与える可能性があるため、特性の調整には通常、慎重なバランスが求められる。しかし時間をかけてこの作業を行えば、LED技術のメリットが最適化される。

機械的性質

LEDは、脆弱な部品やフィラメントを持たない固体素子であるため、非常に堅牢である。またLEDは、従来の光源と比べて非常に寿命が長い。ポリカーボネートは卓越した靱性が実証されている。アクリルやガラスよりも格段に優れており、LEDの長い耐用期間にわたって

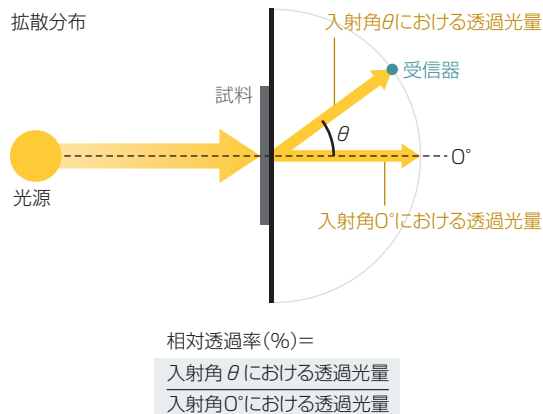


図1 LEDチューブの材料の拡散性は、相対透過率(単位:%)の測定によって評価される。

LEDランプや照明器具が破損しないように保証する、レンズ、カバー、筐体に理想的な材料である。

図2に示すように、ガラスとアクリルはそれぞれLED照明のいくつかの要件を満たすが、衝撃耐性、耐熱性、デザインの柔軟性という面でも十分に不十分である。一方、ポリカーボネートとポリカーボネート混合樹脂は、基本的な必須特性を備え、他のモノマー、ポリマー、添加剤によって特定の性能要件を満たすようにカスタマイズ可能であることから、ますますLED照明の理想的な開始点とみなされるようになりつつある。

LEDチューブに対し、最も望ましいレンズのデザインは、「押出型」と呼ば

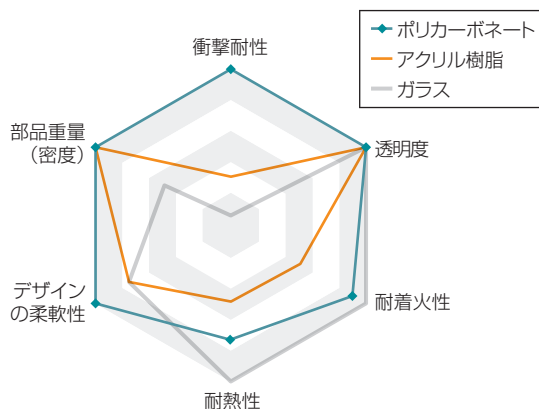


図2 LEDチューブ照明に使用されるポリカーボネートの主要特性の、アクリルおよびガラスとの比較。

れる形状である。この形状で一般的に、透過光量を最大限にしつつLED光源を非常にうまく隠すことができる。ポリカーボネートの光拡散グレードは、この用途に理想的である。ポリカーボネートはその卓越した靱性に加えて、問題につながるLEDホットスポットを除去するために必要な透明度と均一な配光も備える。透明なポリカーボネート樹脂が90%を超える光透過率を達成する一方で、光拡散添加剤を含むポリカーボネート樹脂は、卓越した光均一性を実現し、輝度の高いLED光源を隠すことができる。ポリカーボネート樹脂はその硬度から、押し出し時の寸法安定性に優れており、また、靱性が高いことから、レンズを通した最適な光透過を実現する非常に薄いレンズを設計可能で、光源のルーメン出力を高めることができる。

UL(安全性)の要件

LEDチューブには、光を拡散する光学部品としてだけでなく、筐体としての機能もある。LED技術では電子部品が内部に配置されるため、チューブはUL 94に準拠する必要がある。標準的な電球はその必要がない。

耐着火性または難燃性の要件は、特定用途と使用材料を定めるUL規格に依存する。高出力LED光源は、80~110℃もの高温で動作する。ポリカーボネート樹脂は、このような動作条件に対して優れた耐着火性を備える。UL 94のHBおよびV-2の難燃性要件が求められるクラス2電源を使用する低電圧照明に対しては、ポリカーボネート、アクリル、アクリロニトリルスチレン(SAN: styrene acrylonitrile)などのスチレンをベースとする樹脂

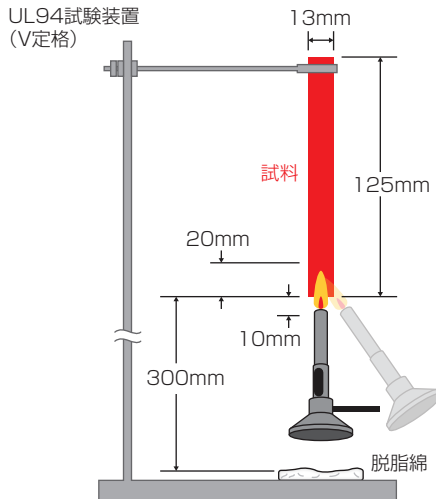
を、レンズ、カバー、光学部品の材料として検討することができる。クラス1電源を使用するそれよりも要件の厳しいLED照明の場合は、光学部品やレンズの材料としてUL V-0や、場合によってはUL 5VAの難燃性が求められることもある。必要な難燃性を満たし、それに関連するUL 94の要件に準拠することを確認するために、部品を厳格に試験する必要がある。

試験は、青色炎を試料に対し、必要な難燃性基準に応じた適切な時間だけ当てることによって行われる。基準要件に基づいて総燃焼時間、火玉滴下量、火炎および赤熱燃焼レベル、綿の発火レベルのすべてが測定される。UL 94のV-0認定の場合は、厚さ1mmの試料に20mmの炎を10秒間当てて一旦取り去り、30秒後に再度10秒間当てる。この試験装置を図3に示す。5VA認定には、さらに厳しい要件に基づく過酷な試験が必要となる。この試験では、条件に基づく正方形の試験片(厚さ2.5~3mm)に125mmの炎を5秒間当てて5秒間取り去る処理を5回繰り返す。

ポリカーボネートは、合理的なコストで要件の厳しい用途に必要な光透過率、熱安定性、耐着火性を満たす、数少ないプラスチック樹脂の1つである。実際、ポリカーボネート樹脂は、他の透明プラスチックや光拡散プラスチックでは達成できない、ULの非常に幅広い難燃性要件にわたって提供されている。UL 94のHB、V2、V0、5VAの各難燃性基準を満たすポリカーボネートが提供されている。

デザインの柔軟性

LEDチューブは一般照明において使用が増加しているにもかかわらず、標



	V-0	V-1	V-2
一回の最大接炎時間	<10s	<30s	<30s
5個の試料の合計時間	<50s	<250s	<250s
2回目の接炎後の赤熱時間	<30s	<60s	<60s
綿の発火	No	No	Yes

図3 LEDチューブの材料に対するV定格用のUL94試験装置。

準形状が定められておらず、必要な形状(同時押出形の管など)を実現するためのデザインの柔軟性が求められる。LED照明のメリットの1つは、メーカーが製品設計において自由に創造性を発揮できることである。従来の白熱灯と異なり、照明業界はもう外観構造を制限することはしておらず、デザイナーは実質的に「光を形作る」ことができる。LED光源の筐体やカバーに使用されるプラスチック材料は、射出成形、射出ブロー成形、異形押出、シート押出・熱成形などの処理によって無数の形状やサイズに成形することができる。

ポリカーボネートは、さまざまなデザインに対応するこの柔軟性を備えており、特定の処理要件に対応する幅広い製品が提供されている。また、ポリカーボネートの強度と靱性が比較的高

いことから、部品の重量、エネルギー、コストを低くすることができる。前述のとおり、これによって部品を非常に薄くできることも、照明においては大きなメリットである。薄い拡散レンズはより多くの光を透過するため、ルーメン出力と効率の向上という、光学エンジニアにとって非常に望ましい結果につながる。

まとめ

LED照明用に選定される材料は、LEDそのものの主要なメリットの実現に大きな影響を与える。ここには従来からガラス、アクリル、プラスチックが使用され、どれを使用するかは、特定の部品の機能、対象用途が耐える必要のある環境、LEDチップの特性、規制要件によって選択されてきた。プラスチックは望ましい材料として台頭しており、OEM企業や成形業者に対して、LED技術によるメリットを最大限に活用する機会を与えている。

LEDチューブのレンズに使用される材料は、LEDのホットスポットを軽減する卓越した能力、均等な光拡散、最大限の光透過率、簡単に多用途に対応する製造といったさまざまな性質を備えるとともに、ULの難燃性要件を満たす必要がある。光を拡散するポリカーボネート樹脂は、比類なく適した材料としてこの要件のすべてを満たすため、光学エンジニアは、従来のランプよりもエネルギー効率が高く、格段に堅牢なLEDチューブを開発することができる。それにより、LED光源の長い寿命を通してチューブの耐久性を保証することができる。

著者紹介

ビル・マーシャル(BILL MARSHALL)は、米トリンセオ社(Trinseo)の高機能プラスチック・生活必需品市場担当シニアアカウントマネージャーで、25年もの間同業界に従事してきた経験を持つ化学者(trinseo.com)。