

# 照明用 LED デバイスの加速試験と湿度劣化に関する研究 (第2報)

宮本 博永・布施 嘉裕・清水 章良・油井 誠志

## Research on Humidity Accelerated Life Test for LED Device used by Lighting Equipments (2nd Report)

Hironaga MIYAMOTO, Yoshihiro FUSE, Akio SHIMIZU and Seishi YUI

### 要 約

電子機器製品などの寿命評価や照明製品開発等において HAST チャンバーを利用した加速試験を活用するため、その基礎データの収集を目的として、LED 照明製品の内部において LED デバイスが曝される温度・湿度の実測を試みた。その結果、10W 以下の製品において、水蒸気圧は 0.0069~0.0081[MPa]の値を示した。また、湿度については製品の設計によって大きく異なる値をとり、特に密閉性の度合いが耐湿寿命に影響を及ぼすことを確認した。密閉性の確保は、耐湿寿命を短くする要因となり得る。

### 1. 緒 言

節電・省エネ製品の需要が高まる中、電子機器製造業者の間では、保有する電子機器の設計技術を生かして LED 照明の開発に着手する企業が増えている。山梨県内の企業においても、当センターが把握している中小企業だけで 10 数社が LED 照明の生産・販売を既に行っており、現在も増加傾向にある。

LED 照明製品の善し悪しは、低コスト・高出力といった部分だけでなく、長時間稼働し続けられるかという高い信頼性が同様に重要とされており、多くの企業が後者に問題を抱えている。LED 自体は、発光デバイスの中では最も発熱するものとして位置づけられているが、その反面、熱に弱いという特性を併せ持つ。そのため熱への耐性は重要な問題とされ、その研究・調査等もよくなされてきた。一方で、その他の劣化要因についての調査は、あまり明らかにされていないというのが現状である。

最近の LED 照明の市場動向をみると、COB (Chip On Board) 型の LED デバイスの搭載が主流になりつつある。これは、アルミ基板に複数の LED を並べて配置し、ワイヤボンディングで接続後、それら表面を樹脂・蛍光体等により封止したもので、照明機器等の設計開発に関しては放熱対策が比較的容易という利点がある。また、高出力の LED 照明製品の開発を可能にするものとして今後も期待が大きい。

一方で、このような COB 型 LED は、一般の半導体デバイスと比較して構成に大きな差異がないことから、十

分に樹脂モールドされた砲弾型 LED 素子ではあまりなされなかった耐湿性の考慮がされるべきである。特に COB 型 LED を LED 照明製品として利用する場合は、屋外等の環境で使用されることも考えられるため、その耐湿特性を知ることは大変重要である。実際に、企業において用いられる LED 素子が、砲弾型 LED から表面実装型 LED、さらに COB 型 LED へと移行していった中で、耐湿面で予期せぬ不具合が発生するとその相談が当センターに持ち込まれるようになった。

前報<sup>1)</sup>では、このような現状を踏まえ、当センターが保有する環境試験設備、特に HAST チャンバーを用

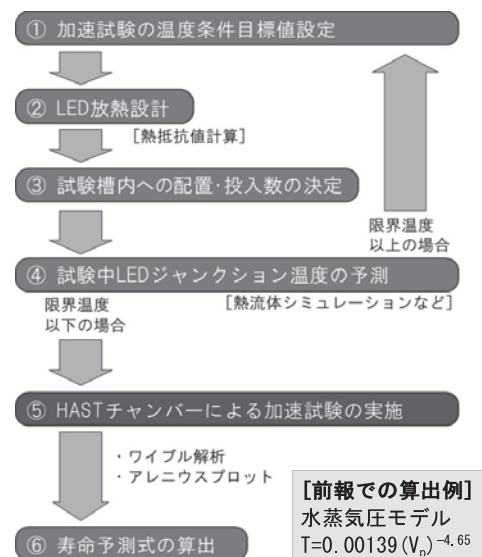


図1 HAST チャンバーによる COB 型 LED デバイス 加速試験の実施手順

いた加速試験を利用し、COB 型 LED の湿度に対する信頼性評価方法を検討した。その結果、図 1 に示す手順により有用な加速試験が実施できるとともに、対湿度寿命が算出できることを確認した。

しかし、本試験の実施結果のみで、LED 照明製品の寿命を評価することは難しい。なぜなら、本試験方法で算出される寿命は、あくまで LED デバイスが直接曝される温湿度（湿度ストレス）におけるものであり、LED デバイスがカバー等に覆われている照明製品の場合に受ける負荷とは異なるためである。具体的に考えられる負荷としては、まず熱であり、カバーがあることによって熱がこもり易くなっていることが挙げられる。そして、製品設計、主に密閉性の度合いにより外部から流入される空気中水分量が異なることから、LED デバイス付近は様々な温湿度の値となることが考えられる。

従って、照明製品の内部における LED デバイス付近の温湿度を知ることは、照明製品を設計・開発する上で極めて重要となる。一方で、このようなデータで公開されているものはなく、また、物理モデルの計算などによって求めることも困難である。

本報では、加速試験における寿命評価や LED 照明製品の設計開発に活用するための基礎データ収集を目的として、比較的 low 出力製品を対象に、照明製品内部の LED デバイス近傍における温湿度の実測を試みた。

## 2. 実験方法

### 2-1 LED 照明製品内部の温湿度センサ配置

照明製品を一定温湿度環境下で点灯させ、照明製品内部における LED デバイス付近の温湿度の計測試験を行った。照明製品には、現在よく普及している電球型と直管型の 2 種類を用いた。これら内部の温湿度を計測するためには、極めて小さいセンサが必要となるため、Sensirion 社製の超小型温湿度計測センサ SHT71（図 2）を使用した。

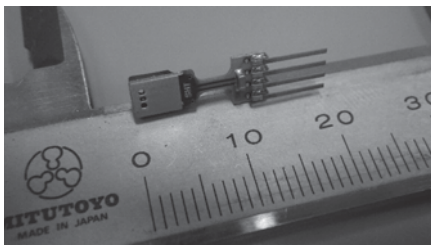


図 2 温湿度センサ SHT71（Sensirion 社製）

また、実使用環境を再現するため環境試験機を使用することとし、それぞれ、電球型には小型の恒温恒湿槽 SH-240、直管型には大型の恒温恒湿層 PDL-3KP を用いた（エスペック（株）製）。

LED 照明製品への温湿度センサの取付け位置及び LED 照明製品の仕様等を図 3 及び表 1 に示す。

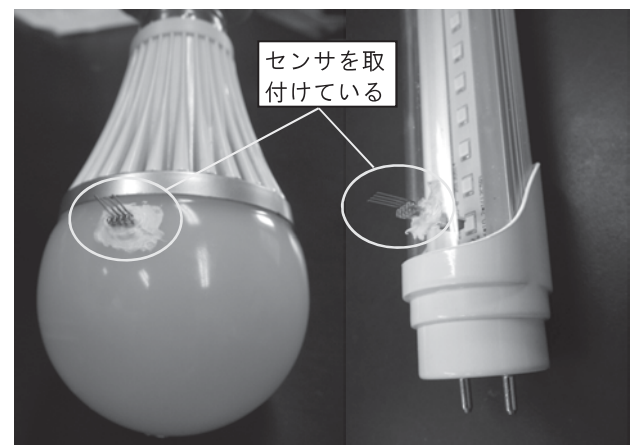
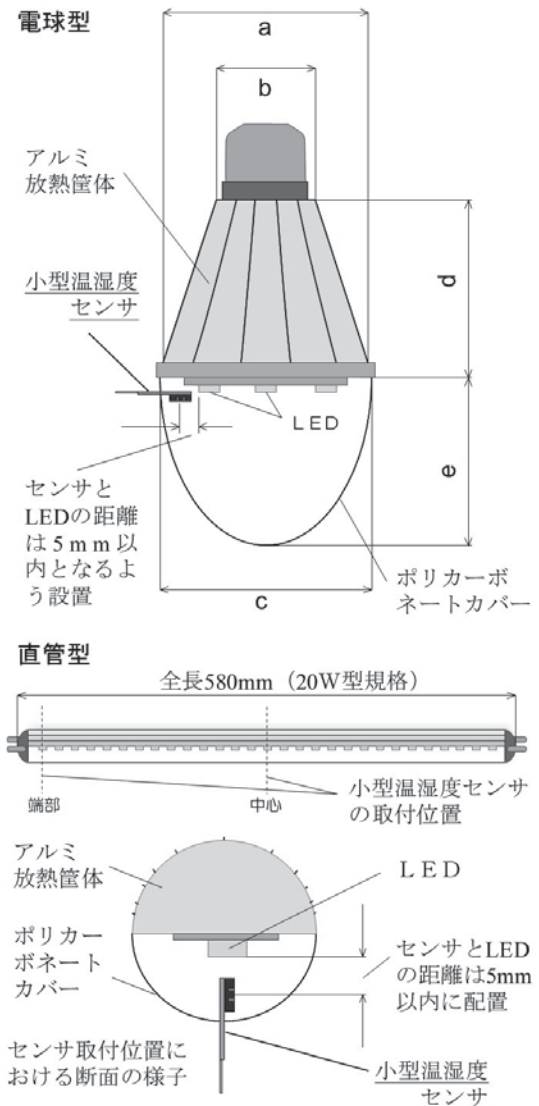


図 3 LED 照明製品へのセンサ取付け位置等とその外観写真

図 3 のとおり、温湿度センサは、できるだけ LED の近くに配置することとしている。その際、ポリカーボネートのカバーを貫通させた部分から、外部と内部の空気

表1 計測試験に利用したLED照明製品の仕様一覧

電球型

名称	ワット数 [W]	照度 [lm]	LED数 [個]	重量 [g]	形状 [mm]					色	外部との空気の交換
					a	b	c	d	e		
A	5	400	10	72	52.5	40.0	60.0	45.0	35.0	白色	アルミ放熱筐体から内部へとつながる空気の通り道あり
B	9	700	9	170	55.0	35.0	60.0	55.0	35.0	白色	カバーとアルミ放熱筐体接合部に隙間(シーリング材なし)あり
C	9.8	1000	22	130	52.5	30.0	63.0	50.0	45.0	白色	なし。完全密閉型

直管型

名称	ワット数 [W]	照度 [lm]	LED数 [個]	重量 [g]	色温度	外部との空気の交換
D	10	950	60	200	3000K (電球色)	カバーとアルミ放熱筐体のはめ込み式のため隙間あり
E	10	1000	60	200	5000K (昼白色)	カバーとアルミ放熱筐体のはめ込み式のため隙間あり

の交換がないよう、変成シリコン系シーリング材を用いて封止した。試験では、それぞれ温湿度センサを配置した電球型と直管型のLED照明製品に電圧を印加し、恒温恒湿槽に配置することとなるが、出来るだけ実際の使用に近づけるため、汎用タイプのブラケットを用いた。ブラケットの形状や材質等によって排熱状況が変わり、LEDが曝される温度、湿度環境に影響してくることから、参考までに本計測試験で使用したブラケット形状等を図4に示した。

湿槽内を 40°C、95%に保持することにより再現し、十分安定した8時間経過後の計測値により評価を行うこととした。なお、電球型については、鉛直方向から30度の角度に傾けて設置した場合の値についても計測した。街灯やスポットライトなど利用形態によっては、傾けて使用する場合も多く見られるためである(図5)。

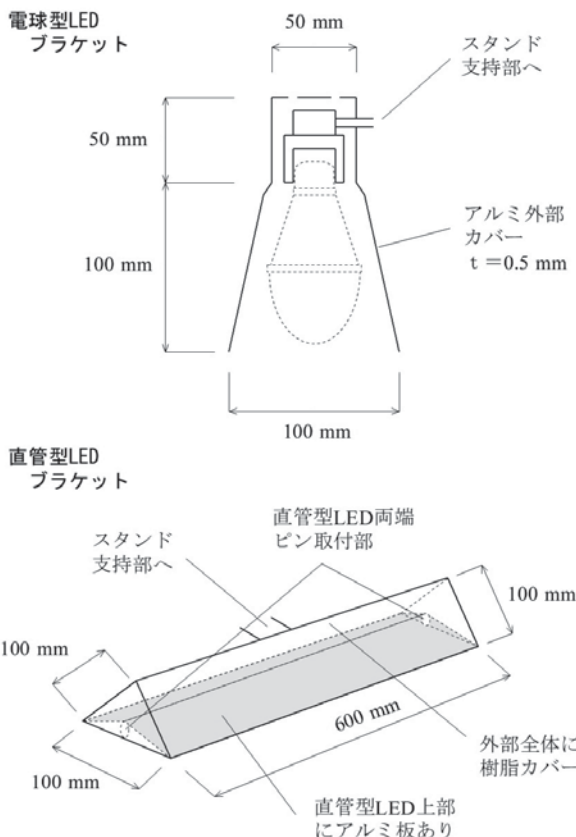


図4 計測試験に用いたブラケットの仕様

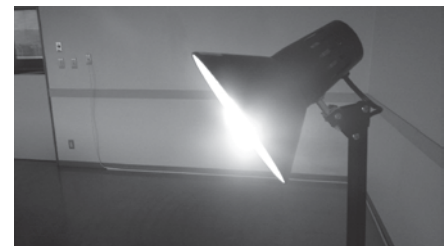


図5 傾けて使用されるLED照明製品の例

最後に計測の概略図と恒温恒湿槽内の様子を図6に示した。

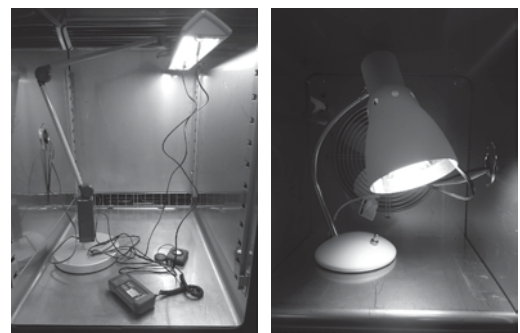
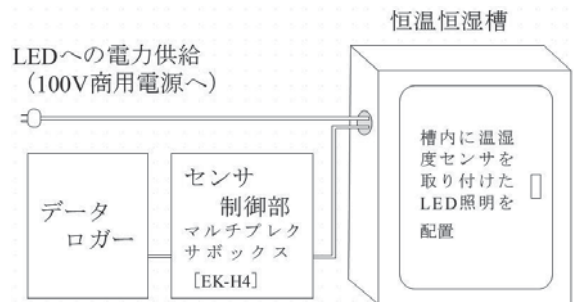


図6 計測試験の概略図と槽内の様子(写真)

2-2 環境試験の実施条件

次に試験条件について示す。高温高湿環境は、恒温恒

### 3. 結果

表2に計測結果を示す。温度及び湿度とさらに算出した水蒸気圧を併記した。これは、湿度ストレスによる寿命予測式が水蒸気圧を利用して次式で表される<sup>2)</sup>ためである。

水蒸気圧モデル式

$$t = A \cdot (V_p)^{-n} \quad \dots (1)$$

それぞれ、t: 寿命時間,  $V_p$ : 水蒸気圧, A, n: 加速試験データから求められる定数, である。

まず、電球型 LED 照明は、設計（主にヒートシンクやシーリング）が製品によって大幅に異なるため、A, B, C 全ての製品において、温湿度の計測値は異なる値を示した。通常使用（鉛直方向に設置した場合）を見てみると、密閉性の高い C サンプルの湿度は 19.15% という最も低い値であった。逆に温度については、C が 77.02℃と最も高い値となっている。これは 3 つの中でワット数が一番大きい製品であるだけでなく、密閉性が高いがゆえに空気による外部との熱交換が促進されなかった結果であると考えられる。次に、水蒸気圧  $V_p$  を見てみると、C が 0.0081 [MPa] で一番大きい湿度ストレスを受けていることがわかる。

表2 LED 照明製品内の温度・湿度

#### 電球型

##### 鉛直下向きに設置

名称	温度 T[℃]	湿度 Rh[%]	水蒸気圧 $V_p$ [Mpa]
A	53.48	48.47	0.0071
B	64.14	30.36	0.0073
C	77.02	19.15	0.0081

##### 鉛直方向から30度傾けて設置

名称	温度 T[℃]	湿度 Rh[%]	水蒸気圧 $V_p$ [Mpa]
A	51.07	55.16	0.0072
B	61.43	33.93	0.0073
C	75.68	19.99	0.0081

#### 直管型

名称	温度 T[℃]	湿度 Rh[%]	水蒸気圧 $V_p$ [Mpa]
D	48.43	61.03	0.0069
E	52.13	51.42	0.0071

※) それぞれ、電球型及び直管型LED照明製品を、図4のブラケットに取付けた状態で恒温恒湿槽内に配置し、槽内温度を40℃、95%に8時間保持した後の値を計測している。

なお、鉛直方向から 30 度傾けて設置したものと通常使用の場合とでは、湿度・温度の値において僅かながら差が生じたが、湿度ストレスを水蒸気圧に換算してみると、両者はほぼ同じ値であった。

直管型 LED 照明については、D と E の間において、湿度で 10%ほどの差が見られるものの、温度の差は 4℃程度で、 $V_p$  に至っては 0.0002 [MPa] の差しかなかった。直管型は大きさや形状が規格で定まっており、設計への制約が大きい。D, E は重量が同じで排熱設計もほとんど類似であることから、湿度ストレスの大小を分けたのは、密閉性が主な要因と考えられる。すなわち E と較べて D のほうが外部と空気の交換を行うための隙間が大きいことになる。これらのことから、密閉性を確保することは返って湿度ストレスの増加に繋がることがわかる。耐湿寿命の向上には、外部と空気の交換を行うための隙間があることが重要となる。

前報で例示した COB 型 LED サンプルの式 (1) における定数 A, n はそれぞれ、0.00139 及び 4.65 であった。これらの値から算出される LED の寿命時間<sup>3)</sup> (45,000 時間) に影響する湿度ストレスは  $V_p=0.0243$  以上である ( $V_p=\exp(-0.215\ln(T/0.00139))$  に、 $T=45,000$  を代入し、 $V_p$  の値 0.0243 MPa が求まる。)。A~E はどれもこの値よりも低いものとなっている。従って、10W 以下の製品では特別湿度ストレスを考慮しなくても問題ないことがわかる。ただし、恒温恒湿槽内の 40℃, 95% は、実使用環境よりも温度負荷において低いことに留意すべきである。これは恒温恒湿槽内では常に数 m/s の空気の流れがあるためである (LED からの発熱を強制対流により空冷している状態)。

### 4. 結言

一般的な電球型及び直管型 LED 照明製品の高湿・高湿度環境における内部温度の計測試験を実施した。その結果、10W 以下の製品において、水蒸気圧は 0.0069~0.0081 [MPa] の値を示した。また、これらの値は、製品の設計によって異なる値を示し、密閉性の度合いが耐湿寿命に影響し得ることを確認した。密閉性の確保は、耐湿寿命を短くする要因となり得る。

#### 参考文献

- 1) 宮本 博永, 布施 嘉裕, 他: 山梨県工業技術センター研究報告, No28, p.91-97 (2014)
- 2) F.N.Sinnadurai: Microelectronics and reliability, Vol.13 P.23(1974)
- 3) LED 照明推進協議会: LED 照明信頼性ハンドブック, P142-143