

[目次]

第2部 実務編

第1章 実使用温度条件試験による評価

1.1	寿命の推定	5
1.2	実際の動作試験データ	7
1.3	寿命推定の精度(加速試験との比較)	8

第2章 加速試験

2.1	電流加速試験	10
2.2	温度加速試験による評価	11
2.2.1	アレニウスモデル	11
2.2.2	アレニウスプロットによる予測	12
2.2.3	アレニウスプロットと寿命推定の計算例	13
2.2.4	アイリングモデル	15

第3章 ジャンクション温度の推定方法

3.1	ΔV_f 法	19
3.1.1	$T_j - V_f$ 関係	19
3.1.2	実使用における T_j の推定	19
3.2	熱抵抗法	21

第4章 光劣化のメカニズム

4.1	LED に特有な劣化要因	24
4.2	光による樹脂劣化	25

第5章 試験方法

5.1	暴露試験	28
5.2	促進耐候性試験	29
5.2.1	サンシャインカーボンアーク式耐候性試験機	29
5.2.2	キセノンランプ式耐候性試験機	29
5.2.3	メタルハライドランプ式耐候性試験機	31
5.2.4	紫外線蛍光ランプ式耐候性試験機	32
5.2.5	屋外集光式促進暴露試験機	32
5.2.6	外部光による劣化の試験例	32
5.2.7	まとめ	33
5.3	恒温(高温)試験	34
5.3.1	恒温恒湿試験とは	34
5.3.2	恒温恒湿試験を行う上での留意点	34
5.4	光の測定方法	35
5.4.1	全光束	35
5.4.2	光度	36
5.4.3	光源色	37

第6章 関連規格

6.1	LED照明における信頼性についての規格・試験方法	41
(1)	熱的環境試験	41
(2)	機械的環境試験	41
(3)	その他の環境試験	41
6.2	LED照明の安全性についての規格・試験方法	42
(1)	電気的安全性	42
(2)	機械的安全性	42
(3)	生体的安全性	42
	LED照明技術と推進協議会の活動	43

第2部 実務編

第2部では、照明用LEDの信頼性試験および評価に関する具体的方法について述べる。これから初めてLED照明の寿命予測などを中心とした信頼性試験を行おうとする技術者を対象とした。光学測定や信頼性試験の具体的作業に関しても初心者想定して、一通りの解説を行うよう努めた。以下に述べるように、温度による影響が大きいため、温度に関する試験を中心に記述した。

LIGHT EMITTING DIODE

● ● ● 第1章 ● ● ●

実使用温度条件試験による評価

1. 1 寿命の推定

LED の寿命を評価するための最も直接的な方法は実使用温度での連続動作試験であり、一定の動作条件(動作電流、温度等)での光出力の時間変化を調べることで寿命(光出力が初期値の所定比率、例えば 70%など、に減衰する時間)を知ることができる。しかしながら一般に LED の寿命は室温で数万時間以上といわれており寿命確認にはきわめて長時間の動作試験を要する。照明用の LED が実用化されてからまだ数年しか経っていないためこのような長時間の動作試験データはほとんどない。しかし長時間の動作試験によらず数千時間の動作試験結果よりある程度その寿命を推定することができる。

LED の光出力 P の時間変化を表す近似式として動作時間に対し指数関数的に減少する例があり以下の式で表される。

$$P = P_0 \cdot \exp(-\beta t) \quad (\text{式 1.1-1})$$

P_0 : 初期の光出力

β : 劣化率

t : 動作時間

この場合、光出力の変化(光束維持率) P/P_0 と動作時間の関係は次式で表される。

$$\ln\left(\frac{P}{P_0}\right) = -\beta t \quad (\text{式 1.1-2})$$

すなわち光出力の変化(光束維持率)の対数を縦軸に、動作時間を横軸にとりグラフをかけば直線の関係となり図 1.1-1 に示すように数千時間までの実測データから直線を延長して寿命時間(光束維持率 70%の時間)を外挿により推定することができる。

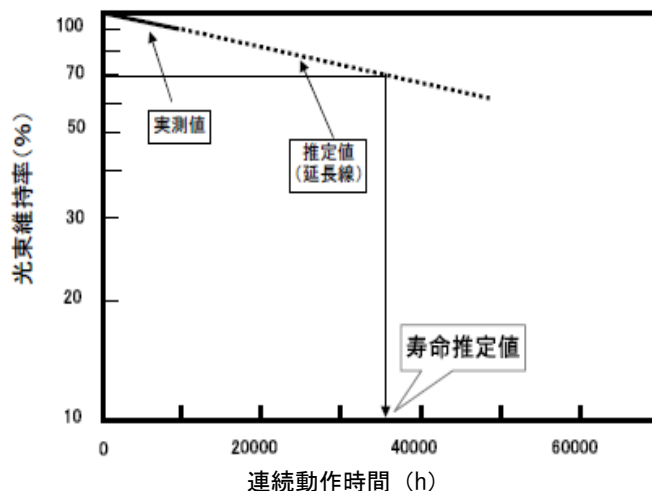


図 1.1-1 寿命の推定

この他に LED の光出力の時間変化を表す近似式としては

$$P = P_0 - K t \quad (\text{式 1.1-3})$$

$$P = P_0 - K \sqrt{t} \quad (\text{式 1.1-4})$$

K : 定数

などもあり、それぞれ縦軸を光出力(リニアスケール)、横軸を動作時間(リニアスケールまたは√値)でグラフをつくり直線関係から光出力が初期値の 70%になる時間を外挿することによって寿命を推定することができる。

1.2 実際の動作試験データ

実使用温度での連続動作試験データとして公表されているものに図 1.2-1 に示す米国レンセラ一工科大学光学研究センターの報告¹⁾がある。この例では5種類の高光束LEDを10,000時間連続通電し、その光出力の変化を調査した。そしてそのデータを式 1.1-1 に挿入し、外挿して光出力が初期値の70%になる時間を推定している。テストしたLEDは1チップ方式赤色、緑色、青色、白色および複数チップ方式白色の5種類である。このデータでは1チップ方式の白色LEDの寿命(光出力が70%になる時間)は45,000時間と推定される(試験条件は雰囲気温度35°C、動作電流350mA)。試験条件を変え、50°C、350mA および35°C、450mAでのデータも示され、1チップ方式白色LEDの寿命はそれぞれ約15,000時間、35,000時間と推定された。

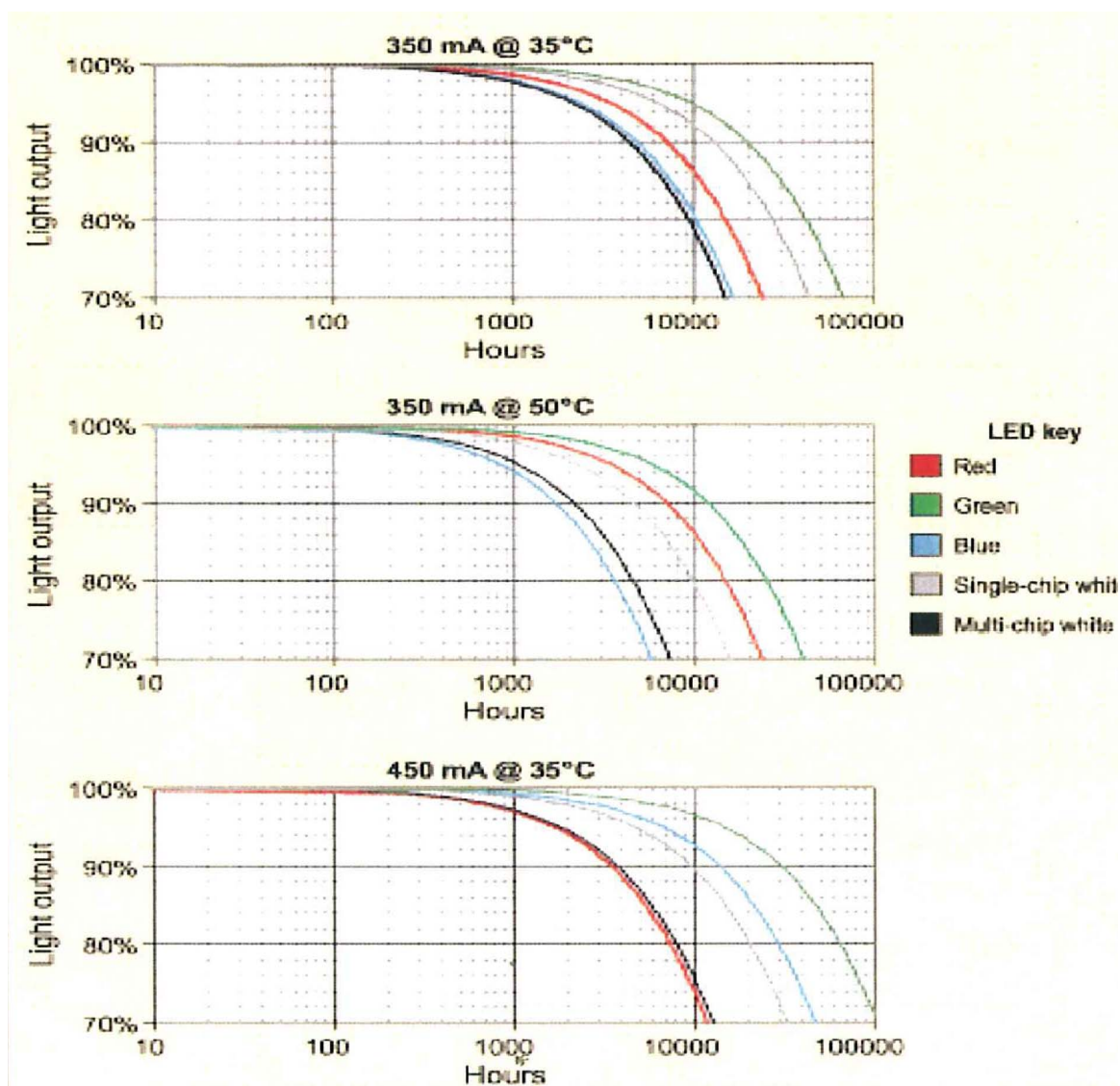


図 1.2-1 実使用温度での動作試験データ例
(10000時間までは実試験結果それ以降は推定グラフ)

1.3 寿命推定の精度(加速試験との比較)

白色 LED の室温での動作試験の例としては数千時間の実験データがある。ある例では発光出力が 25°C では数千時間まで減少せず、むしろ若干増加気味である。式 1.1-1 に従って劣化が始まるのはある程度初期通電をして安定な特性を示してからであり、正しい寿命推定をするためには一定の初期通電をしてから本来の通電試験をした方がよいと述べている文献も見られる。この初期通電の時間は通常千時間程度であり、この時間を過ぎると劣化がはじまるとされている。米国レンセラー工科大学光学研究センターでは初期安定化のため、はじめの 1,000 時間を通電してからそれを初期値としてさらに追加 5,000 時間の動作試験をしてそのデータから式 1.1-1 による外挿法で寿命を推定することを提唱している。しかしながらこの劣化開始の時間は必ずしも一定ではなく、劣化開始時間をどのように見積もるかは難しい。また一定時間での劣化率は高温で動作させるいわゆる加速試験に比べはるかに少ないので誤差を含みやすい。そのため外挿により推定した寿命時間は誤差を含んでいる。これに対し、高温などの加速条件下では短時間で劣化が生じ劣化率も高いので誤差は比較的少ない。また加速条件下では初期安定化時間も短いためそれによる誤差も少ない。このように初期の安定化時間の見積もりによる誤差、劣化率そのものの誤差などで実使用温度での動作試験による寿命推定は加速試験による寿命推定に比べ精度が低いのではないかと考えられる。

【参考文献】

- 1) 米国レンセラー工科大学光学研究センター、LED 劣化試験に関するレポート入手経路
[http //www. lrc. rpi. edu/programs/solidstate/completedProjects. asp?ID=73](http://www.lrc.rpi.edu/programs/solidstate/completedProjects.asp?ID=73)

LIGHT EMITTING DIODE

● ● ● 第 2 章 ● ● ●

加速試験

2.1 電流加速試験

LEDの寿命は数万時間といわれており、通常使用状態での通電試験で寿命を調べようとすると数年の月日を要することになる。そのため過負荷をかけることにより劣化を加速させる試験を行うが、これを加速試験という。加速試験における加速係数を割り出すことで、通常使用状態における寿命時間を推定することができる。

電流を加速パラメータとするものを電流加速試験といい、半導体の金属配線の断線寿命を調べる際などに用いられる。試験方法としては定電流ストレス試験が最も一般的で、最大定格電流値よりも大きな電流を流し、劣化を加速させる。

電流加速試験は1つの恒温槽で加速条件の異なる複数の試験を同時に行うことができるため、1つの恒温槽で1つの加速状態のみである温度加速試験に比べて試験にかかる時間を短縮することができる。

しかし、LEDの光度劣化の主要因である樹脂の劣化を加速するために電流加速試験を行うと、ジャンクション温度の上昇による樹脂の劣化に加えて、

- ・ 光強度の増大による樹脂の劣化
- ・ 電流密度増大による故障

など、複数の加速パラメータが複雑に関わってくるため、加速係数を割り出すことが困難になる。

このため、光度劣化に注目した寿命加速試験を行う場合、一般的に電流加速試験ではなく、温度加速試験が行われることが多い。

なお、温度加速試験においても、恒温槽の能力以上にジャンクション温度を上げたい場合には、ある程度まで順方向電流値を上げることが必要になる。

2.2 湿度加速試験による評価

2.2.1 アレニウスモデル

LED の寿命を調べるために、実際の使用温度より高い温度で動作させ LED の光度劣化を調べ、実使用温度での寿命を予測する温度加速試験が行われる。これはアレニウス(スウェーデンの科学者)によって導かれた化学反応の速度を予測する式に基づき行われる試験であり、この式はアレニウスの式と呼ばれている。

アレニウスの式は、化学反応の速度と使用温度との関係を表している。

$$K = A \cdot \exp\left(-\frac{E_a}{kT}\right) \quad (\text{式 2.2.1-1})$$

K : 反応速度

A : 定数

E_a : 活性化エネルギー

k : ボルツマン計数

T : 温度(絶対温度)

光度劣化したときの寿命 L は K に反比例するため、上式の逆数をとると、

$$L = B \cdot \exp\left(\frac{E_a}{kT}\right) \quad (\text{式 2.2.1-2})$$

L : 寿命

B : 定数

と表せる。

定数 B と活性化エネルギー E_a は物質固有の定数であるが、これに分かる場合はこの式から寿命を予測することができる。一般的に、これらの定数がわからないため実験により求める。

この式の自然対数をとると

$$\ln L = \frac{E_a}{k} \cdot \frac{1}{T} + \ln B \quad (\text{式 2.2.1-3})$$

となる。

この式は対数グラフ上において $y=ax+b$ の直線式で表せ、 $\ln L$ と $1/T$ を変数とする直線となる。

この直線の傾きから活性化エネルギー E_a を算出することができ、また、切片から定数 B を求めることができるため、これらの定数がわからない場合でも寿命を予測することができる。このよ

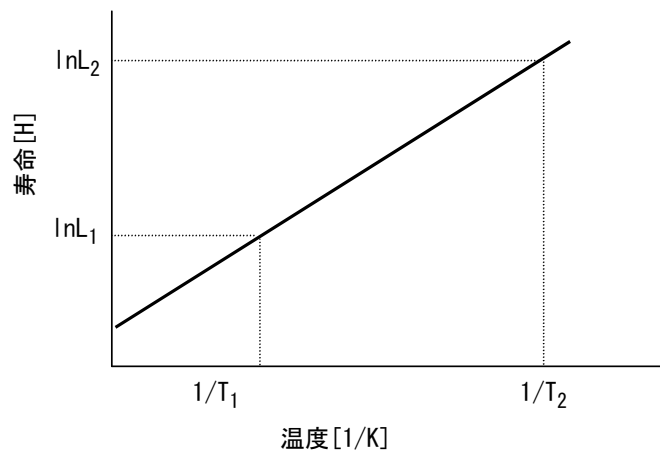


図 2.2.1-1 アレニウスプロット

うにアレニウスの式より求められるこの図をアレニウスプロットと呼ぶ(図 2.2.1-1)。

2.2.2 アレニウスプロットによる予測

実際の LED 機器の寿命予測を行うのにアレニウスプロットによる予測が用いられる。

初期光度に対する低下の割合 (%) を決め、恒温槽内にて LED を点灯させ、光度劣化するまでの時間を測定する。恒温槽の設定温度を変え測定を繰り返し行う。

加速試験を行ったさいの故障モードを評価するために、ワイブルプロットを用いる。横軸に時間 [h]、縦軸には累積故障率 (F) を下式に代入した値をとる (片対数)。それぞれの近似線の傾きがほぼ同じであることを確認する。これにより故障モードが同一モードであることを判別する(図 2.2.2-1)。

ワイブルプロット縦軸 : $\ln \ln(1/(1-F))$

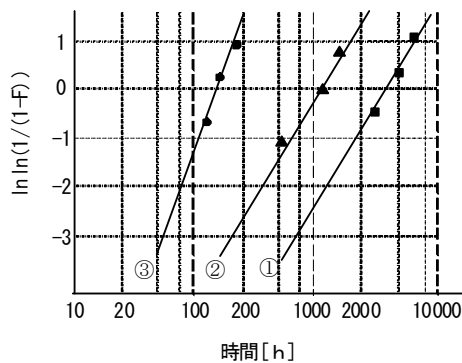
累積故障率 : F

ある時間における試験サンプル数中の故障数の割合

例 100 時間後 サンプル数 10 個, 故障数 2 個

累積故障率 $F=2/10$

$=0.2$



- ① T=100°C
- ② T=130°C
- ③ T=160°C

③の場合は他と傾きが大きく異なるため、故障モードが異なると判断し除外する。

図 2.2.2-1 ワイブルプロット例

温度と時間をアレニウスプロットにプロットし寿命と温度の直線式を導く。この直線式から実際の使用温度での時間を算出し寿命を予測する。

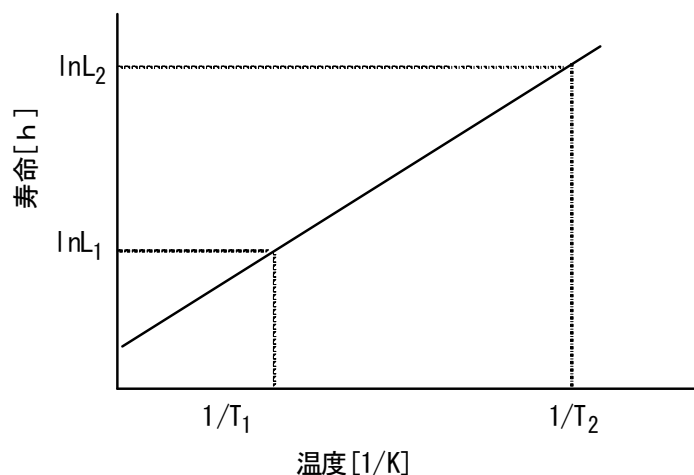


図 2.2.2-2 アレニウスプロット測定結果図(例)

2.2.3 アレニウスプロットと寿命推定の計算例

実際に温度加速寿命試験を行い、その結果から推定寿命などの有意義な値を算出する実例を示す。ここでは、4水準の温度で温度加速試験を行い、0時間から10,000時間までの間に6回の測定を行った場合のデータ処理の流れを実際の表計算ソフトの表示を示して解説する。

実際に用いたシートの例を次に示す。アミがかかっているセルが実験毎に入力すべき部分である。[試験温度(°C)]の右側には、実際の試験温度(100, 110, 120, 130)が入力されている。この温度は、低すぎると劣化するまでに時間が懸かりすぎて実用にならないし、高すぎると材料が本来とは異なるモードで劣化し、正しい結果が得られない。

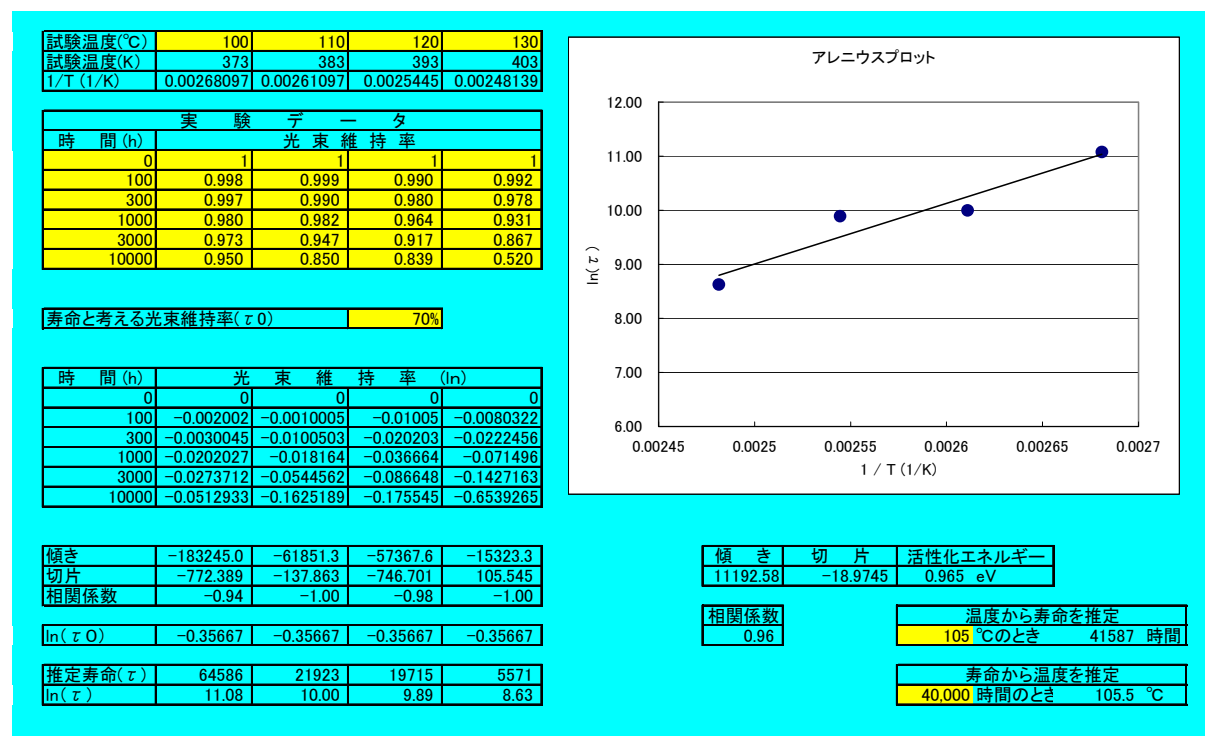
[実験データ]には、測定時間と測定結果(光束維持率)が入力されている。今回示した例では0時間から10,000時間であるが、これはLEDの種類や試験温度によって調整が必要である。全ての温度領域で、光束維持率が90%以下となるようにするのが望ましい。例では、100°Cのものが95%までしか劣化していない。このデータは、同じ条件で実験した幾つかのサンプルの測定結果の平

均を入力することを前提としている。前述のワイブル分析を行うことを想定すると、同一条件で10個以上のサンプルを用いるのが望ましい。時間間隔は、指数関数近似を行うので、対数的な間隔であるのが望ましい。それぞれの時間で測定した光束の値を0時間での測定値で除したものの平均を光束維持率としている。

[寿命と考える光束維持率(τ_0)]は通常は70%であるが、特別に理由がある場合には変更することもできる。

光束維持率が時間に対して指数的に減少することを仮定し、それぞれの温度での寿命時間を推定している。具体的には、光束維持率の対数を取り、時間との関係を直線近似することによって計算している。これによって推定した[推定寿命(τ)]の対数[$\ln(\tau)$]と、絶対温度の逆数をグラフに表示している。これが、アレニウスプロットである。このグラフの傾きは、[活性化エネルギー]と呼ばれ、例では0.965eVと計算されている。原子拡散現象や化学反応に関しての活性化エネルギーは通常0.1から2eV程度である。このプロットから、温度と推定寿命の関係がわかるので、温度を決めた場合の寿命、寿命を決めた場合の上限温度を求めることができる。例では、105℃のとき、41,587時間と推定されている。また、40,000時間の寿命が必要であれば、温度を105.5℃以下にする必要があることが示唆されている。

それぞれの推定部分で、相関係数が表示されている。実験結果をもとにした推定であるので、相関係数に注意をした上で余裕をもった設計、使用を心がけることも必要である。



以下に、表計算の計算式を示す。マイクロソフト®のエクセル®を使用している(注意: 光束維持率から寿命を推定する必要があるため、時間を光束維持率の関数と見なしており、通常とx軸、y軸が逆になっている。傾き、切片の数値を見るときに注意が必要である)。

目次

試験温度(°C)	100	110	120
試験温度(K)	=C3+273	=D3+273	=E3+273
1/T (1/K)	=1/C4	=1/D4	=1/E4
実 験 デ ー タ			
時 間 (h)	光 束 維 持 率		
0	1	1	1
100	0.998	0.999	0.99
300	0.997	0.99	0.98
1000	0.98	0.982	0.964
3000	0.973	0.947	0.917
10000	0.95	0.85	0.839
寿命と考える光束維持率(τ0)			0.7
光 束 維 持 率 (ln)			
時 間 (h)	=LN(C9)	=LN(D9)	=LN(E9)
100	=LN(C10)	=LN(D10)	=LN(E10)
300	=LN(C11)	=LN(D11)	=LN(E11)
1000	=LN(C12)	=LN(D12)	=LN(E12)
3000	=LN(C13)	=LN(D13)	=LN(E13)
10000	=LN(C14)	=LN(D14)	=LN(E14)
傾き	=SLOPE(\$B21:\$B26,C21:C26)	=SLOPE(\$B21:\$B26,D21:D26)	=SLOPE(\$B21:\$B26,E21:E26)
切片	=INTERCEPT(\$B21:\$B26,C21:C26)	=INTERCEPT(\$B21:\$B26,D21:D26)	=INTERCEPT(\$B21:\$B26,E21:E26)
相関係数	=CORREL(\$B21:\$B26,C21:C26)	=CORREL(\$B21:\$B26,D21:D26)	=CORREL(\$B21:\$B26,E21:E26)
ln(τ0)	=LN(\$E\$17)	=LN(\$E\$17)	=LN(\$E\$17)
推定寿命(τ)	=C33*C29+C30	=D33*D29+D30	=E33*E29+E30
ln(τ)	=LN(C35)	=LN(D35)	=LN(E35)
傾 き	切 片	活性化エネルギー	
=SLOPE(C36:F36,C5:F5)	=INTERCEPT(C36:F36,C5:F5)	=I30/11604.5 eV	
相関係数	温度から寿命を推定		
=CORREL(C36:F36,C5:F5)	105 °Cのとき =EXP(I30*(1/(273+K33))+J30) 時間		
	寿命から温度を推定		
	40000 時間のとき =I30/(LN(K36)-J30)-273 °C		

2.2.4 アイリングモデル

アレニウスモデルは温度のみを考慮しているが、これに湿度や電圧など、他のパラメータを含めて拡張したものがアイリングモデルである。アイリングモデルは以下の式で表される。

$$K = A' \cdot \exp\left(-\frac{E_a}{kT}\right) \cdot S^m \quad (\text{式 2.2.4-1})$$

K : 反応速度

A', A : 定数

E_a : 活性化エネルギー

k : ボルツマン定数

T : 温度(絶対温度)

S^m, S^n : 温度以外の加速パラメーター

温度以外のパラメータが一定のとき、 $S^m=1$ となり、アレニウスモデルと一致する。

この式の逆数を取り寿命時間を L とすると、

$$L = A \cdot \exp\left(\frac{E_a}{kT}\right) \cdot S^n \quad (\text{式 2.2.4-2})$$

と表すことができる。アレニウスモデルと同様に、定数 A と活性化エネルギー E_a は物質固有の値であるが、実験により求めることができる。

例えば、温度と湿度が加速パラメータである加速試験を行うとする。このときのアイリングモデルの式は次のようになる。

$$L = A \cdot \exp\left(\frac{E_a}{kT}\right) \cdot f(RH) \quad (\text{式 2.2.4-3})$$

$f(RH)$: 相対湿度に関する関数

寿命推定までに行う手順としては以下のようなになる。

- i) さまざまな湿度・温度条件で加速試験を行い、所定の寿命(光度 30%減など。任意に設定)に至る時間を調べる。ただし、2.2.2 節で述べたワイブルプロットを用いて故障モードが異なる加速条件は除外する。
- ii) 湿度一定で温度を可変させた試験についてアレニウスプロットを行う。
- iii) 湿度の逆数と寿命の対数が比例することがわかっているため、温度一定で湿度を可変させた試験についても ii) と同様にプロットを行う。
- iv) ii)、iii)の結果から、未知の数値であった A、 E_a の値を算出する。
- v) 式 2.2.4-3 より、任意の条件における寿命時間の推定を行う。

以上より、式 2.2.4-3 は次のようになる。

$$L = A \cdot \exp\left(\frac{E_a}{kT}\right) \cdot \exp\left(\frac{\beta}{RH}\right) \quad (\text{式 2.2.4-4})$$

β : 定数

さらに両辺の対数をとると次のようになる。

$$\ln L = \left(\frac{E_a}{kT} + \frac{\beta}{RH}\right) + \ln A \quad (\text{式 2.2.4-5})$$

以上のことより、アイリングモデルにおける定数が求められ、複数の加速パラメータが存在する場合の寿命予測式が算出できる。これをプロットしたものが図 2.2.4-1 である。

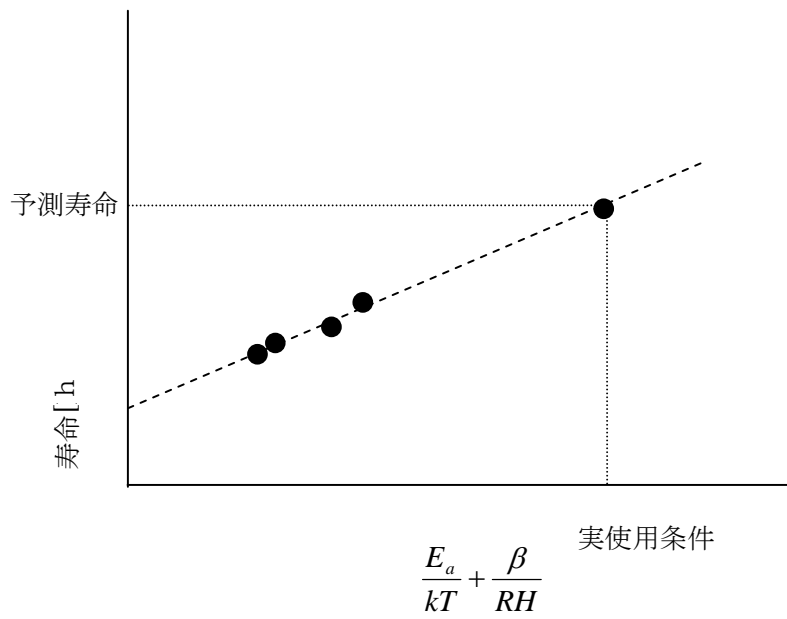


図 2.2.4-1 アイリングモデルの概念図

LIGHT EMITTING DIODE

● ● ● 第3章 ● ● ●

ジャンクション温度の推定方法

LED の劣化は温度に影響される度合いが大きい。ここでいう温度とは半導体のジャンクション温度 T_j であり、LED に特化していうと pn 接合面温度に相当する。

ジャンクション温度を測定し把握しておけば、LED の劣化をある程度予測することが可能なのであるが、LED のジャンクション温度を直接測定することは物理的に困難である。

以上より、本節では物理的に可能な方法によりジャンクション温度を推定する手法を紹介する。

3.1 ΔV_f 法

一般にPN接合ダイオードの順電圧 V_f は、ジャンクション温度 T_j の上昇と共に減少するという特性をもつ。この特性は、順電流 I_f の値が小さな領域(例えば 1mA)では直線的となるため、 V_f を測定することで T_j を推定することができる。

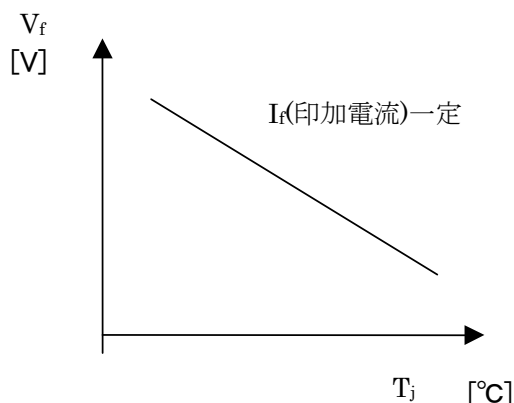


図 3.1-1 $V_f - T_j$ 関係(概念図)

3.1.1 $T_j - V_f$ 関係

対象とするLEDの T_j と V_f の関係(図 3.1-1)は、 T_j の上昇がほとんど無視できる程度の小さな基準順電流 I_M (例えば 1mA) にて、LED 周囲温度 T_a ($T_a \approx T_j$) 毎に、 V_f を測定することで得ることができる。

【手順】(サンプル数は、 $n=3$ 以上が望ましい)

- 1) 恒温室内を一定温度 T_a [°C] に保ってLED素子を30分程放置し、ジャンクション温度 T_j [°C] を環境温度 T_a [°C] と同じにする。
- 2) LEDに基準電流 I_M を流し V_f を測定する。ジャンクションの発熱を抑えるため I_M は微小電流(例えば 1mA)とする。
- 3) 1)、2)を40°C~100°Cで行う。(間隔は10°C又は20°C)
- 4) 測定結果をグラフにプロットする。

3.1.2 実使用における T_j の推定

実使用における T_j は、実使用電流 I_{op} にてLED温度上昇が十分に飽和した状態にしておき、実使用電流を基準電流 I_M に切り替えて V_f を測定し、先に求めた図 3.1.2-1 の関係グラフから T_j を参照することで推定することができる。

なお、基準電流 I_M に切り替えた時点より T_j は低下するため、できるだけ短時間で V_f を測定することがポイントとなる。パルス幅 $200 \mu s$ 、デューティサイクル $1/1000$ で測定したという報告がある¹⁾。

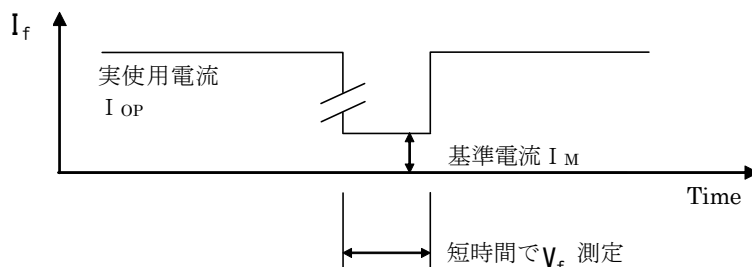


図 3.1.2-1 V_f 測定タイミングチャート

【手順】(サンプル数は、 $n=3$ 以上が望ましい)

- 1) LED を実使用電流 I_{OP} で 30 分程点灯させ、ジャンクション温度 T_j を飽和させる。
- 2) LED の順電流を基準電流 I_M に切り替え、短時間(例えば $200 \mu sec$)で V_f を測定する。
- 3) 基準電流 I_M で求めた $T_j - V_f$ 関係グラフより T_j を求める。

なお、 T_j に対する V_f の傾き $m [V/^\circ C]$ があらかじめわかっている場合には、実使用電流を通電する前と、通電による温度飽和後にそれぞれ基準電流 I_M で V_f を測定し、その差 ΔV_f を得ることで T_j を推定することができる。 I_f が微小な領域(1mA 未満)では m はおよそ $2 [mV \cdot ^\circ C^{-1}]$ になっている^[2]。

$$T_j = T_a + \frac{\Delta V_f}{m} \quad (\text{式 3.1.2-1})$$

T_j : ジャンクション温度 ($^\circ C$) 又は (K)

T_a : 周囲温度 ($^\circ C$) 又は (K)

ΔV_f : 実使用電流印加前後の基準電流印加時の発生電圧の差 (V)

m : 基準電流印加時に発生する電圧の温度係数 ($V \cdot ^\circ C^{-1}$)

また、測定したジャンクション温度 T_j と測定時の周囲温度 T_a 、及び発熱飽和時の順電流 I_{OP} と順電圧 V_{OP} より LED の熱抵抗 $R\theta_{j-a}$ を求めることができる。

$$R\theta_{j-a} = \frac{(T_j - T_a)}{V_{op} \cdot I_{op}} \quad (\text{式 3.1.2-2})$$

3.2 熱抵抗法

前各章で、LED の寿命には LED の温度が大きな影響を与えていることを述べた。LED は発光するとともに熱を発生するので、その熱で加熱される。LED の温度を低く保つためには、周囲の温度を低くするとともに、この発生した熱を効率良く放熱してやらねばならない。放熱させるための熱の流れを妨げる程度を表すのが「熱抵抗」である。単位は $^{\circ}\text{C}\cdot\text{W}^{-1}$ 、または $\text{K}\cdot\text{W}^{-1}$ で、1W 当り何 $^{\circ}\text{C}$ の温度差が生じるかを示す。

LED のジャンクション温度の測定は前節で述べたように特別な設備を必要とし、機器へ組み込んだ後では測定が困難である。そこで、この熱抵抗を用いれば、次のようにしてジャンクション温度を推定することができる。

LED ランプのカタログや仕様書にジャンクション～パッケージ外部端子（一般にカソード側）間の熱抵抗 $R\theta_{j-c}$ [$^{\circ}\text{C}\cdot\text{W}^{-1}$] が明示されている場合は、パッケージ外部端子温度 T_c を測定することにより計算でジャンクション温度 T_j を推定することができる。

$$T_j = T_c + R\theta_{j-c} \cdot P \quad (\text{式 3.2.-1})$$

P は LED ランプの発熱量 [W] であり、概ね順電圧 V_f [V] と順電流 I_f [A] の積とする。

この方法は比較的簡単ではあるが、熱抵抗 $R\theta_{j-c}$ は一定の条件に対してのみ示されている場合が多く、実際の使用条件において熱抵抗 $R\theta_{j-c}$ は変動する。したがって、この方法で推測されるジャンクション温度は実際の値と差異があることに留意しなければならない。

熱抵抗には飽和熱抵抗と過渡熱抵抗とがある。飽和熱抵抗とは、ある電力を投入し続けたときに、最終的にジャンクション温度が何 $^{\circ}\text{C}$ 上昇するかを示す熱抵抗である。過渡熱抵抗は、ある電力を短時間だけ投入したときに、ジャンクション温度が何 $^{\circ}\text{C}$ 上昇するかを示す熱抵抗である。

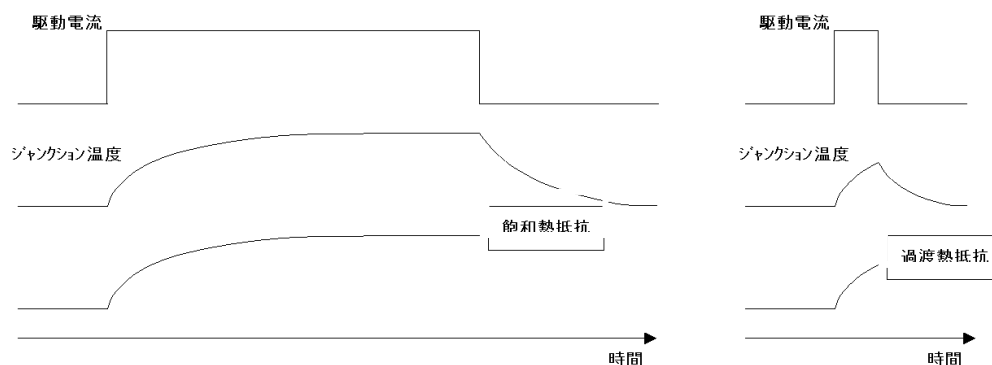


図 3.2-1 飽和熱抵抗と過渡熱抵抗

【参考文献】

- 1) Lighting Research Center : “A method for projecting useful life of LED lighting systems”,
(2004)
- 2) EIA/JEDEC Standard No. 51-1

LIGHT EMITTING DIODE

● ● ● 第4章 ● ● ●

光劣化のメカニズム

4. 1 LED に特有な劣化要因

図 4. 1-1 に照明用 LED の一般的な構造と各構成部材の劣化要素を示す。この図に示すように、LED もトランジスタなど他の半導体デバイスと同様に様々な要因が絡まりあって特性の劣化が起こると考えられる。

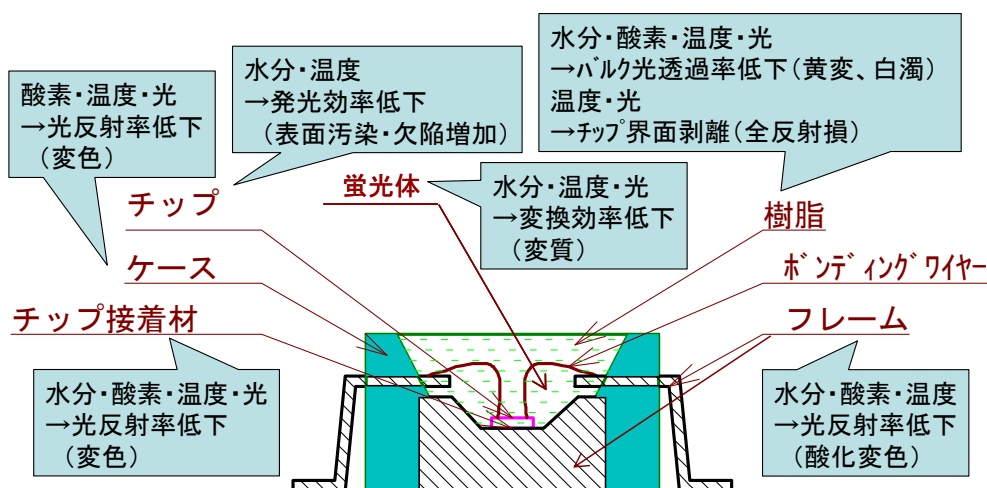


図 4. 1-1 照明用 LED の構造と構成部材の劣化要素

しかしながら、LED の劣化機構が他の半導体デバイスと比べて特異な点は、光による劣化があるという事である。即ち、LED ではチップ接着剤や封止樹脂など LED チップに近接している有機系部材が LED チップから放射される光によって劣化を起こし、その結果透過率や反射率が低下するため次第に光出力が減少する。特に照明用 LED ではチップの光出力が大きいために光劣化は LED の寿命を左右する大きな問題となる。

この光劣化は、化学反応の一つである光化学反応であると考えられる。光化学反応は次の二つの法則によって規定される。

- 光化学第一法則 (Grotthus-Draper の法則)

物質に照射された光のうち、吸収された光だけが反応に関わる。

- 光化学第二法則 (光化学当量則、Stark-Einstein の法則)

吸収された 1 個の光子は、その光子を吸収した 1 個またはそれ以下の分子を活性化する。

即ち、照射された光が部材に吸収されることによってのみ光劣化は起こり、吸収されなければ(つまり 100%透過したり反射したりすれば)光劣化は起こらない。

4.2 光による樹脂劣化

どのような種類の光によって劣化が起こるのであろうか。それを知るために、図 4.2-1 に光の波長とエネルギーの関係を、また表 4.2-1 に有機部材を構成する主要な結合の結合解離エネルギーを示す。

図 4.2-1 と表 4.2-1 を見比べれば、ちょうど可視光から紫外光(エネルギーで 35~286 [kcal/mol])の領域、中でも青から紫外にかけての領域で、主要な結合解離エネルギーが含まれていることがわかる。但し、照明用 LED の光源として使われる青色 LED チップの発光スペクトルは、一番エネルギーの大きい短波長側の裾でも 400nm 程度であり、この光を受けて化学結合の切断が起こるとは考えにくい。

有機部材中には微量ながらヒドロペルオキシド基やカルボニル基、金属、金属化合物などの官能基や不純物が存在し、それらが光を吸収してフリーラジカルを生成して劣化を開始することが知られている。

このため、対象とする有機部材が本来その波長域の光吸収しない組成であっても、この仕組みによって光劣化が引き起こされてしまうと考えられる。

波長 λ [nm]	0.001	0.01	100	200	300	400	500	600	700	800	1~100 [μm]	
名称	γ線	X線	紫外線		可視光線					赤外線		マイクロ波
			遠紫外	近紫外	紫	青	緑	黄	橙	赤	近赤外	遠赤外
励起のタイプ	内殻電子		原子価電子			原子価電子					分子振動	
光のエネルギー [eV]			12.4	6.2	4	3.1	2.5	2.1	1.8	1.55		
[kcal/mol]			286	143	95	72	57	48	41	35		

図 4.2-1 光の波長とエネルギーの関係図

表 4.2-1 主要な結合解離エネルギー

波長域	結合の種類	結合解離エネルギー [kcal/mol]
紫外	O-H	110.6
	C-H	98.9
	C-C	83.1
	C-C I	78.5
可視	C-I	57.4
	N-N	38.0
赤外	O-O	33.2

この光劣化は有機部材中に含まれている酸素によって促進され、さらに実際の LED では光放射とともに必ず発生する熱によってなお一層加速される。劣化によって発生したフリーラジカルは光や熱を受けてさらに次の劣化を引き起こすので、劣化は自動的に進行する(自動酸化)。

一般に封止樹脂が光劣化を起こすと、図 4.2-2 のように透過スペクトルが狭くなってくる。これは光劣化によって封止樹脂中に発色団が形成され次第に黄変してくるためである。

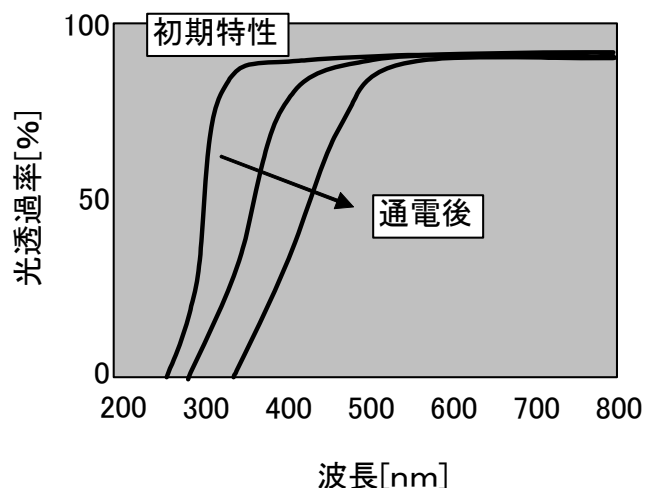


図 4.2-2 樹脂の透過スペクトルの劣化

図 4.2-3 に示す A と B の二種類の封止樹脂では、より短波長域まで透過スペクトルが延びている樹脂 A の方が樹脂 B よりも光劣化が少ない。これは樹脂 A の方が樹脂 B よりも光吸収が少ないためである。従って高出力と長寿命が求められる照明用 LED では、従来から使用されてきたエポキシ樹脂ではなく、樹脂 A のように短波長側まで透過特性の良いシリコン樹脂がよく用いられる。

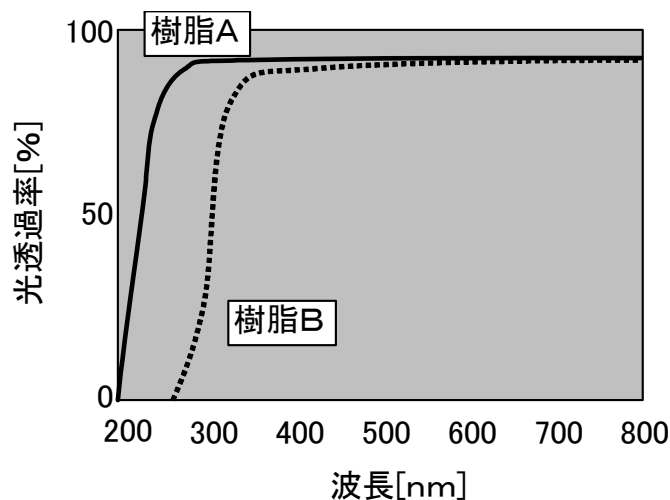


図 4.2-3 樹脂の透過スペクトルの比較

なお、封止樹脂の劣化を防ぐため各種の劣化防止剤が検討されているが、抜本的な対策には至っていないのが現状のようである。

【参考文献】

- 1) 大澤善次郎：「高分子材料の劣化と安定化—その基礎と応用講座—」予稿集、(株) テクノシステム、(1989)
- 2) 西田裕文：「白色 LED 用エポキシ樹脂封止材の特性向上と設計」、セミナー「LED 封止樹脂・封止技術と特性向上」予稿集、情報機構、(2006)

LIGHT EMITTING DIODE

● ● ● 第5章 ● ● ●

試験方法

5.1 暴露試験

暴露試験は「JIS Z 2381(2001)：大気暴露試験方法通則」においてその試験の方法が定められており、「開放大気環境及び遮へい大気環境下における工業材料及び工業製品の化学的性質、物理的性質及び性能の経時変化の調査」が目的とされている。LED に対して暴露試験を実施する場合は、LED のパッケージ材料である金属やプラスチックなどの素材だけではなく、製品である LED 自体、さらには LED を使用した照明器具も試験の対象となる。

試験には、自然の気象環境下で行う「直接暴露試験」、板ガラスを透過した太陽光に暴露する「アンダーガラス暴露試験」、遮へい構造物により日照や風雨の影響を避けた環境で行う「遮へい暴露試験」、黒色の金属製試験箱の上に試料を取付けた状態で暴露する「ブラックボックス暴露試験」、複数の平面鏡で追跡集光した太陽光を試料に照射する「太陽追跡集光暴露試験」の5つがある。

暴露試験は暴露試験場にて行われ、標準的な暴露試験場としては地域的な気象の特徴が明らかであって、自然環境条件に著しい影響を及ぼす建物や草木がなく、毎年の大気汚染因子量の変動が少ない場所とされているが、特殊環境条件を備えた特殊な暴露試験場も使用される。

暴露試験を行うには、試料を堅固で耐久性のある架台や試験箱などの暴露試験装置に取付けて行う。試料の個数は最少3個とされ、それとは別に比較対照用の保存用試料が必要である。

暴露試験で測定する環境因子としては、温度、湿度、日照時間、太陽放射光の露光量、降水量、風速等の気象因子のほか、環境汚染因子として硫黄酸化物付着量と海塩粒子付着量が測定される。LED の封止材料の光劣化に関係が深い太陽放射光の露光量については、表 5.1-1 のように定められている。

表 5.1-1 太陽放射光露光量の測定方法

測定項目	単位	測定方法	特定波長域測定の注意
太陽放射光 の 露光量	MJ/m ²	受光面を試料の暴露面と平行にした日射計又は積算照度計を用い、1日の露光量を測定する。	紫外線などの特定波長域の露出量は、選択波長フィルタを用いて測定する。プラスチック、塗膜などの有機質の試料では、光学的に活性な紫外線域の露光量を測定するのが望ましい。紫外線域の測定機器は、JIS K 7363の規定による。

5.2 促進耐候試験¹⁾

耐候性などの環境影響に対する評価は、対象となる材料の技術進歩に伴い、屋外暴露試験などでは長期間にわたり試験を行う必要性が生じてきた。これらを迅速に行うため、促進耐候性試験が行われるようになった。この試験を行うときに通常使用される促進耐候性試験機は、製品(材料)の劣化要因とされる光、熱、水(結露)、オゾン、SO_x、NO_x等の活性ガス、塵埃などのうち、紫外放射、熱、水を過剰に与えることにより、屋外暴露試験に比べ数倍から100倍といった促進倍率で、試料の耐候性評価を行えるものである。この試験機に使用される光源は様々であり、また以下に記述するように、それぞれ特長があるので、評価目的にあった試験機を選択する必要がある。

5.2.1 サンシャインカーボンアーク式耐候性試験機

カーボン電極にアーク(交流電圧50V、交流電流60A)を発生させ得られる紫外放射で耐候性を評価する試験機である。回転式のホルダーに試料を設置し紫外光を照射する。試料温度の制御はヒーターによって暖められた空気を槽内へ送ることにより行われる。促進倍率はサンプルにもよるが屋外暴露に比べ数倍から10数倍程度である。この試験機に使用されている光源と太陽光²⁾との分光分布比較を図5.2.1-1に示す。

この試験機は、JIS B 7753 “サンシャインカーボンアーク灯式耐光性及び耐候性試験機”で規定されており、国内で標準的なものであったため、データの蓄積は豊富であるが、昨今の企業活動の国際化、JISのISO整合化などの流れでキセノンランプ式耐候性試験に規格が移りつつある。例えばJIS K 5600 “塗料一般試験方法”では、規格から削除されている。

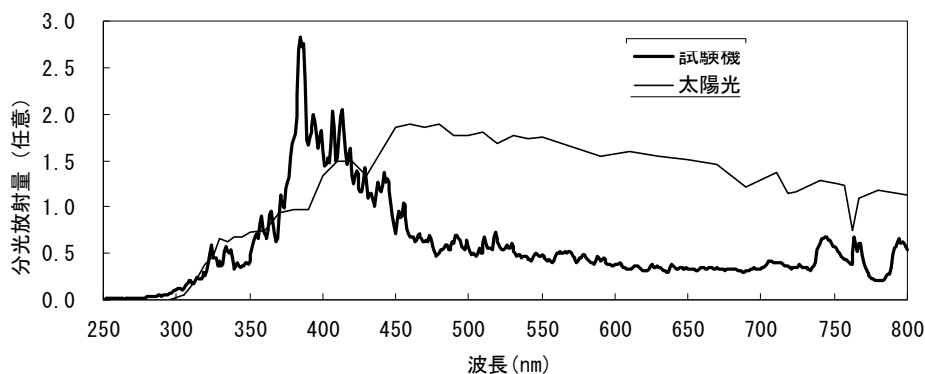


図 5.2.1-1 サンシャインカーボンアーク式耐候性試験機

5.2.2 キセノンランプ式耐候性試験機

キセノンガスを封入した放電灯(キセノンランプ)を光源に持つ試験機であり、促進耐候性試験機の中では太陽光の分光分布に最も近似している。このため、ISO、ASTM、JISなどに多くの試験方法が規格化されている。

この試験機は、ヨーロッパで多く使われており、また、国内でもJIS B 7754 “キセノンアーク

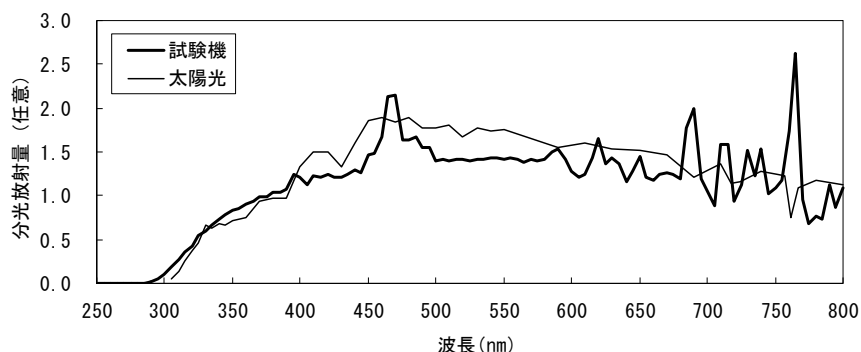
ランプ式耐光性及び耐候性試験機”で規定され、サンシャインカーボンアーク式耐候性試験機からの乗り換えを含め使用が増加している。促進性は、光に加え熱、水(結露)により得られ、その倍率は、屋外暴露に比べ数倍から10数倍程度である。ランプの冷却方式は、水冷式、空冷式の2種類があり、また、幅広く定格ランプがある装置である。一例として太陽光²⁾と紫外放射照度が同レベルである水冷式装置の分光分布を図5.2.2-1に示す。

温度制御はブラックパネル温度(BPT)もしくはブラックスタンダード温度(BST)を用いて行う。(BPT, BST: 温度制御モニタのために試料ホルダに取付けた黒色金属板の表面温度)

この値は、実際の試料温度と異なるので注意が必要である。白系の試料は制御温度より低くなり、結果として白色の試料が黒色の試料より試験結果が良くなる場合がある。これはどの耐候性試験機でも同様である。またBPTとBSTの温度の違いにも注意する必要がある。

湿度は、試験槽内の光が遮断されている部分の相対湿度を測定している。このため、例えば、ある試験機では、紫外放射照度180W/m²、BPT 63°Cのときの槽内温度は約30°Cであり、この場合、30°Cに対する相対湿度となるため、試料は実際よりかなり低い湿度で試験が行われていることになる。

キセノンランプ式耐候性試験機は後述するメタルハイドランプ式耐候性試験機に比べ比較的同じような仕様で装置が作られているが、試験機メーカー間での評価結果の差異は現実として存在するため、注意が必要である。参考として、キセノンランプ式耐候性試験機の一例を図5.2.2-2に示す。



形式	XER-W75
放射照度	48~200W/m ² (300-400nm)
温度制御	BPTまたはBST
サイクル	照射+照射中水噴霧など
水、湿度	結露、水噴霧
有効照射面積	10920 cm ²
外形寸法	幅1300×奥行1500×高さ1850 mm

図5.2.2-2 キセノンランプ式耐候性試験機の一例(岩崎電気株式会社)³⁾

5.2.3 メタルハライドランプ式耐候性試験機

光源にメタルハライドランプを用いることにより、太陽光の約 20~30 倍の紫外量を照射できるため、他の試験機に比べ圧倒的に早い促進性が得られ、促進倍率は約 100 倍程度とされている。光源の分光分布は、ランプに封入する金属や透過フィルタの材質の違いにより、試験機の製造メーカーによって異なる。一例としてランプとフィルタを組み合わせた光源の分光分布を図 5.2.3-1 に示す。

ランプは、定格電力 4kW から 6kW クラスのものが多く使われている。また、当初はフェードタイプ(光照射だけで劣化を促進させるタイプ)のみであったが、相関性向上のためシャワーや湿度管理、サイクル運転ができるようになってきている。試料室は、回転式タイプもあるが、多くは固定式となっており、有効面積内の放射照度、温度の均整度が試験の精度に大きく影響する。

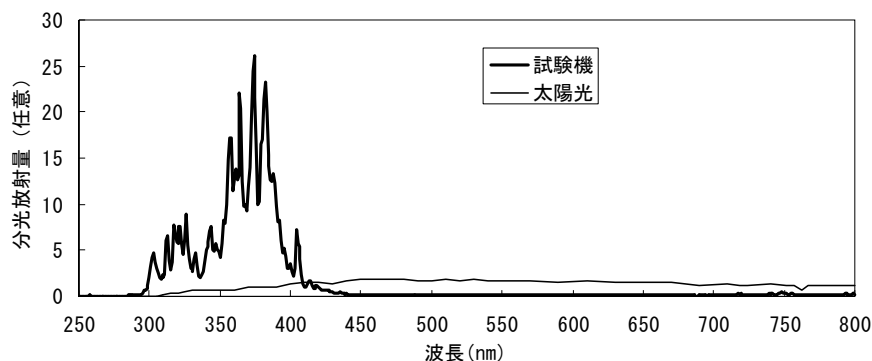


図 5.2.3-1 メタルハライド式耐候性試験機の分光分布(一例)

装置の規格としては、日本試験機工業会規格 JTM G01:2000 “メタルハライドランプ方式試験機”があるが、材料などの試験規格は、公的なものが現在無い。また、紫外放射照度値は、耐候性試験にとって最も重要なパラメータであるが、この測定系が試験機メーカーにより異なっており、さらに、結露モード、シャワーなどの方法にも違いがあるため、試験機間での相関が取りづらい。しかし、促進性が高い特長から開発品のふるい分けによく利用され、成分の配合比を変えての比較や現行品・新規開発品の比較などでは有効である。参考として、メタルハライドランプ式耐候性試験機の一例を図 5.2.3-2 に示す。



形式	SUV-W151
放射照度	1000W/m ² (300-400nm)
温度制御	BPT
サイクル	照射+結露など
水、湿度	結露、水噴霧
有効照射面積	190×422 mm
外形寸法	幅1400×奥行1200×高さ1800 mm

図 5.2.3-2 メタルハライドランプ式耐候性試験機の一例(岩崎電気株式会社)³⁾

5.2.4 紫外線蛍光ランプ式耐候性試験機

紫外線蛍光ランプは一般の蛍光灯と同じ原理で点灯するもので、蛍光体とガラスの種類をえることにより、種々の分光分布に対応している。JIS K 5600-7-8 “塗料一般試験方法—第7部：塗膜の長期耐久性—第8節：促進耐候性(紫外線蛍光ランプ法)”では、ピーク波長が313nmのタイプ1-UVB(313)、同じく340nmのタイプ2-UVA(340)、及び351nmのタイプ3-UVA(351)が規定されている。

5.2.5 屋外集光式促進暴露試験機

実際の太陽光を利用した試験機で、10枚の平面鏡で受けた太陽光を試料に集光することにより屋外暴露よりも多くの紫外光を照射できる装置である。フロリダ5年分の紫外量が1年で照射できるとされている。

5.2.6 外部光による劣化の試験例

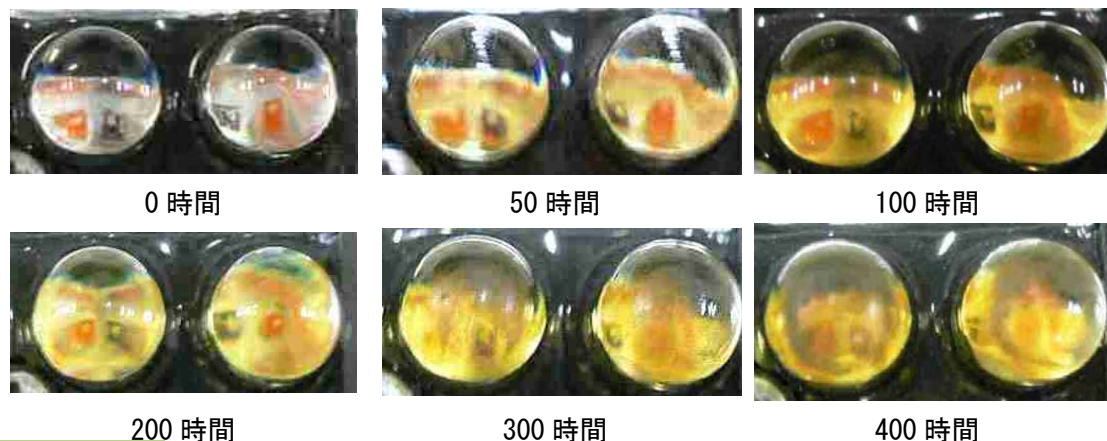
LEDの光による劣化は、LEDを覆う樹脂が光を吸収し黄変、白濁化、また光が照射された表面近傍の微小クラックの発生等により、樹脂の光透過率が低下するため、明るさが減少していく。この光は外部から入射する光と素子から発光する光に分けられるが、主に外部からの紫外放射により劣化が促進していくものと考えられている。しかし、素子自身の光強度、特に青色などの短波長側発光によっても劣化していくとの報告もある。

表5.2.6-1及び図5.2.6-1に促進耐候性試験の条件及びその結果の一例を挙げる。

なお、青色LEDの光度が大きく低下しているが、LEDを連続点灯しているため、内部光によるものか素子温度によるものかは判別できない。

表5.2.6-1 促進耐候性試験結果(一例)

LED (樹脂：エポキシ)	400時間後の光度比率 (実使用4万時間相当)	試験条件 (メタルハライドランプ式)	
赤 633~660nm	60~75%	試験サイクル	連続照射
緑 521~561nm	53~89%	ブラックパネル温度	63℃
		UV照度	100 mW/cm ²
青 459nm	45%	照射距離	240 mm
		シャワー	10秒/時間



5.2.7 まとめ

促進耐候性試験は、その試料についての試験規格があれば、その規格により試験を実施すればよいが、LED に使用されているエポキシ樹脂やシリコン樹脂は合致した規格がなく、またそれに関する公開情報も少ない。また、試験機の種類、メンテナンス状態、光・熱・水以外の要因(NO_x 、 SO_x 、オゾン、酸性雨等)により、実際の屋外暴露とでは結果が異なるなどの問題点もある。しかし、開発のスピードアップが求められる現在において促進試験は必要不可欠なものであるため、この試験に関するデータの蓄積は今後重要となる。

なお、これらの試験を実施したい場合は、(財)日本ウェザリングテストセンター、各都道府県の工業技術センターなどで依頼試験サービスを受けることができる。

5.3 恒温(高温)試験

5.3.1 恒温恒湿試験とは

任意の安定した温度・湿度雰囲気を作り出す装置(恒温恒湿槽)にて、温度・湿度ストレスを加え、部品・機器及びシステムが遭遇する環境条件を再現したり、加速条件をつくり出し、その特性を調べたり、信頼性を確認する為の試験である。また、この試験では寿命を予測する温度加速試験等にも用いられる(第2部第2章参照)。試験方法、試験条件は、電子情報技術産業協会規格(EIAJ ED-4701/100)半導体デバイスの環境及び耐久性試験方法(寿命試験I)に、規定されている。

5.3.2 恒温恒湿試験を行う上での留意点

- i) 試験槽の温度及び湿度は、槽の幾何学的中心で規定しており、槽の温度・湿度を制御する調整器および攪拌用のファンにより所定内の変動幅で安定するように設計されている。よって試料は、できるだけ攪拌用のファンを遮らないように、槽内の中央部に配置することが望ましい。
- ii) 湿度試験に用いる水は、試料への影響を無くすため、蒸留水または脱イオン水などを使用する。また、試料の出し入れを行うときを含め、試験中に水滴が付着(槽内の天井に凝縮した水が試料に落下など)や水に浸らないようにしなければならない。
- iii) LEDに順電流(電圧)を印加し、試験を行う場合、特に消費電力が大きいときは、必要に応じて断続印加とし、電源のオン、オフ時間は個別に規定する(消費電力が大きいデバイスの場合、チップの発熱によってパッケージ内部のチップ表面の相対湿度が低下し、腐食が起こりやすくなるため)。

5.4 光の測定方法

LEDの測光量及び光源色に関する量の測定方法は、日本工業規格 JIS C8152 “照明用白色発光ダイオード(LED)の測定方法”で定められているが、ここではその概要について述べる。

なお、測定に使用する各機器類は次の条件を満足させる必要がある。

- ・受光器は JIS C 1609-1 に規定されている一般形 AA 級照度計相当以上のものを用いること。
- ・積分球は JIS C8152 の要求を満足したものを用いること。
- ・標準 LED は JIS C8152 の要求を満足したものを用いること。
- ・光源色測定に使用する分光測色装置は JIS Z 8724 の仕様を満足すること。ただし、分光分布を測定する波長範囲は可視波長域とし、この範囲において分光測色器の波長目盛りのずれが±0.3nm 以内であること。
- ・分光器のスリット波長幅及び測定波長間隔は JIS Z 8724 に規定分光分布測定の実施条件を満足すること。
- ・測定機器はウォーミングアップを充分に行うこと。

測定方法の概略は以下の通りである。

5.4.1 全光束

全光束は、測定対象 LED と標準 LED を、積分球内の同じ位置で点灯させた際の比較により測定する。

被測定 LED の配光特性は、標準 LED の特性に近いものを使用することが望ましい。

測定の手順としては、同じ位置で点灯した標準 LED の受光器出力 i_s 及び被測定 LED の受光器出力 i_t を求め、次の式により、被測定 LED の全光束 Φ_t を求める。必要に応じて自己吸収補正係数や色補正係数を乗じて補正する。

$$\Phi_t = \alpha k \frac{i_t}{i_s} \cdot \Phi_s \quad (\text{式 5.4.1-1})$$

α : 自己吸収補正係数(標準 LED と被測定 LED が同じ形状の場合は $\alpha=1$)

k : 色補正係数(標準 LED と被測定 LED が同スペクトルの場合は $k=1$)

Φ_t : 被測定 LED の全光束

Φ_s : 標準 LED の全光束

i_t : 被測定 LED の受光器出力

i_s : 標準 LED の受光器出力

全光束の測定には、積分球が用いられる。直径 1m の積分球を図 5. 4. 1-1 に示す。



全光束測定用 1 m 積分球

内壁コーティングは、硫酸バリウム
 拡散反射率は、95%以上
 自己吸収測定用ランプ設置可能
 高さ可変サンプルステージ

図 5. 4. 1-1 積分球の一例 (大塚電子株式会社)

5. 4. 2 光度

LED は一般的な光源と比較して狭い配光を持つため、視野条件を考慮した CIE 平均化 LED 光度を使用する。

CIE 平均化 LED 光度とは、「LED の先端を頂点として、測光軸を頂点からおろした垂線とする円錐状の光束を、円錐の底面に対応する立体角について平均した光度」のことである。

測定手順としては、JIS C8152 で示されている距離条件と視野条件のもと、同じ位置で点灯した標準 LED の受光器出力 i_s 及び被測定 LED の受光器出力 i_t を求め、次の式により被測定 LED の CIE 平均化 LED 光度 I_t を求める。必要に応じて色補正係数を乗じて補正する。

$$I_t = k \cdot \frac{i_t}{i_s} \cdot I_s \quad (\text{式 5. 4. 2-1})$$

k : 色補正係数(標準 LED と被測定 LED が同じスペクトルの場合は $k = 1$)

I_t : 被測定 LED の CIE 平均化 LED 光度

I_s : 標準 LED の CIE 平均化 LED 光度

i_t : 被測定 LED の受光器出力

i_s : 標準 LED の受光器出力

なお、LED モジュールなど発光面積が大きいものは別途、JIS C8152 で定められた測定方法を用いる。

CIE 平均化 LED 光度測定用のアタッチメントの例を図 5. 4. 2-1 に示す。これは、図 5. 4. 3-1 の分光測光器と組み合わせて使用する。



CIE 平均化 LED 光度測定アタッチメント

受光部は、直径 6cm 積分球
測定筒は、内乱光防止加工
サンプル位置調整ジグ

図 5.4.2-1 CIE 平均化 LED 光度測定アタッチメントの一例(大塚電子株式会社)

5.4.3 光源色

光源色測定は、分光分布が値付けられた測色用標準電球を用いて分光測色法により測定する。

光源色は「色度座標」「相関色温度」「演色評価数」で表現し、これらの値は LED の分光分布を用いて求める。

この際、光源色測定に用いる分光測色装置の入射光学系は原則として積分球を用い、全光束に対する光源色を測定する。

また、パルス駆動などにより LED の発光波形が周期的に変化する場合には、分光測定器における光電出力の積分時間を考慮し、分光測定器出力の再現性を確保する。

測定の手順としては、測色用標準電球を点灯したときの分光測色器出力 $i_s(\lambda)$ 及び被測定 LED を点灯したときの分光測色器出力 $i_t(\lambda)$ を求め、次の式により被測定 LED の分光分布を求める。

$$P_t(\lambda) = \frac{i_t(\lambda)}{i_s(\lambda)} \cdot P_s(\lambda) \quad (\text{式 5.4.3-1})$$

$P_t(\lambda)$: 被測定 LED の分光分布

$P_s(\lambda)$: 標準電球の分光分布

$i_t(\lambda)$: 被測定 LED の分光測色器出力

$i_s(\lambda)$: 標準電球の分光測色器出力

λ : 測定波長

以上により求めた $P_t(\lambda)$ を用いて、CIE1931 色度図(色度座標 x, y)は JIS Z 8724 の計算式、相関色温度は JIS Z 8725 の計算式、演色評価数は JIS Z 8726 の計算式を用いて算出する。

分光測光器の一例を、図 5. 4-3 に示す。この装置は、光ファイバーとアレー状受光素子を用いており、数十ミリ秒で分光分布を得ることができる。

さらに、積分球と分光測定器、電源システムが一体化された多機能な測定器も市販されている。図 5. 4. 3-2 に示す LED テスターは、照明、車載などハイパワーLED 専用装置で、研究機関と量産現場の両方で使用されており、8 インチ積分球を使用し、全光束を手動測定するものである。積分球の隣には光度測定用の筒が設置されており、「V(λ)センサー法」(JIS C8152)に準拠している。



瞬間マルチ測光システム
形式 MCPD シリーズ
波長範囲 220～1100nm (機種による)

アタッチメントの交換で、照度、輝度、全光束などが測定可能

図 5. 4. 3-1 分光測光器の一例 (大塚電子株式会社)

この装置は、熱抵抗や電気特性も測定することができる。

熱抵抗は ΔV_f 法 (EIA/JEDEC: JESD51) を使用しており、LED 特性測定には大電流、微小電流、DC/PULSE 印加などが可能となっている (JEITA ED-4511A)。

図 5. 4. 3-3 は LED エージング装置で、恒温槽と組み合わせてエージングを行うことができる。



LED 特性測定装置

形式 LX4681A
対象 POWER, LAMP, SMD タイプ及びウエハー
特徴 電気と光特性の高速、大/微小電流測定
方式 自動生産又は評価用、DC/PULSE 印加
オプション 熱抵抗測定 (ΔV_f)、ESD 印加・検査、
高電圧 (MAX 2KV 又は 3KV) 等
外形寸法 W570mm × D810mm × H1000mm

図 5. 4. 3-2 LED テスターの一例 (株式会社テクノロージュ)



LED エージング装置

形式	LX6132B
エンジン式	定電流設定 99mA (MAX) & 990mA (MAX)
電源数	120 個 (99mA) + 20 個 (990mA)
出力電圧	10V
タイマ内蔵	9999H (MAX)
機能	電圧・電流モニター、異常・停電処理付
外形寸法	本体 W500mm × D500mm × H450mm 電源 W500mm × D500mm × H230mm

5. 4. 3-3 LED エージング装置の一例 (株式会社テクノローク)

【参考文献】

- 1) 森一郎：「促進耐候性試験の現状」、ラドテック研究会年報、No. 18
- 2) CIE Publication 85 : SOLAR SPECTRAL IRRADIANCE (1989)
- 3) 岩崎電気株式会社ホームページ：<<http://www.iwasaki.co.jp>>
- 4) 社団法人電子情報技術産業協議会：(EIAJ ED-4701/100) 半導体デバイスの環境及び耐久性試験方法 (寿命試験 I)
- 5) 日本試験工業会：恒温恒湿槽－性能試験方法及び性能表示方法 (JTM K01:1998)

LIGHT EMITTING DIODE

● ● ● 第6章 ● ● ●

関連規格

現在、LED照明器具に関する信頼性評価等の規格・試験方法等については整備が進められている。ここでは、LED単体の評価方法や従来型照明器具の評価方法等から、LED照明器具を評価する上で、参考としていただけることを目的として紹介する。

6. 1 LED 照明における信頼性についての規格、試験方法

(1) 熱的環境試験

	試験項目	参考規格
6.1.1.1	温度サイクル試験	EIAJ ED-4701/100
6.1.1.2	熱衝撃試験	EIAJ ED-4701/300
6.1.1.3	温湿度サイクル試験	EIAJ ED-4701/200
		JIS C 60068-2-38 1988

(2) 機械的環境試験

	試験項目	参考規格
6.1.2.1	振動試験	EIAJ ED-4701/400
		JIS C 60068-2-6 1999
6.1.2.2	衝撃試験	EIAJ ED-4701/400
		JIS C 60068-2-27 1995
6.1.2.3	定加速度試験	EIAJ ED-4701/400
		JIS C 60068-2-7 1993

(3) その他の環境試験

	試験項目	参考規格
6.1.3.1	塩水噴霧試験	EIAJ ED-4701/200
		JIS C 60068-2-11 1989
6.1.3.2	静電破壊試験	EIAJ ED-4701/300

6.2. LED 照明の安全性についての規格・試験方法

(1) 電氣的安全性

JEL811 2005 照明用白色 LED モジュール安全性要求事項
(6, 7. 1, 7. 2, 13, 14, 15, 17 項)

(2) 機械的安全性

JEL811 2005 照明用白色 LED モジュール安全性要求事項
(8, 9, 10, 11, 12, 16 項)

(3) 生体的安全性

JIS TS C 0038 2004 ランプ及びランプシステムの光生物学的安全性
JIS C 6802 2005 レーザー製品の安全規格

LED 照明技術と推進協議会の活動

LED は我が国が世界に先駆けて開発したオリジナル技術であり、照明技術を根底から変える革新的な技術です。しかしながら諸外国を見渡すと、LED の持つ特徴に着目し、様々な分野への導入に力を入れ、その普及に積極的な取組みをみせており、LED に係る国際的な競争のますますの激化が予想されます。

このような状況の下で、LED に係る技術開発と併せ、LED を活用した照明・表示用の優れた特性を周知し、普及するための活動に呼応して、産業界の有志を中心とする「LED 照明推進協議会」の設立が提唱され、04 年 6 月に設立されました。その後、NPO 認証を受け、平成 19 年 10 月からは、NPO としての活動を開始しています。会員企業数は当初の 32 社から 89 社(08 年 1 月現在)へと倍増し、今年は 5 年目の節目を迎えます。

協議会の主な活動は、①LED 関連企業の製品・技術の紹介、データベースの構築、シンポジウムなど広報活動、②LED 普及戦略・技術ロードマップの策定、関係団体と協力した標準化推進活動、③会員への勉強会開催、関係省庁への働きかけ等です。

普及広報関係では、年 3 回の会員研修会が定着し、また毎年 11 月に国内外の各分野の一線級の講師を招いて LED の新たな利用拡大等をテーマに、シンポジウムを開催しています。08 年 3 月には、日本経済新聞と共同し、「LED Next Stage」として LED 総合展を開催し、多くの来場者を惹きつけました。さらに 07 年度には、NEDO(新エネルギー産業技術総合開発機構)の委託をうけ、「民生部門等地球環境温暖化対策実証モデル評価事業」として、「ネオンサイン等大型広告看板照明の LED 化による省エネ促進事業」を実施しています。

標準化推進活動では、LED の技術ロードマップの作成、標準化動向の調査を行ってきました。06 年度より取り組んだ LED 照明信頼性ハンドブックの作成は 50 名の技術者集団が分野ごとに編成され、約 2 年がかりで取り組んで作った実務に即した知恵の結晶として完成し、今回の出版に繋がりました。

現在、環境省・経済産業省等は、LED による省エネ、地球環境対策に熱心であり、技術開発、税制などの政策を展開しています。当協議会は、関係省庁とも連携しながら、我が国が LED 技術で引き続き世界をリードし、同時に社会の様々な分野で LED が活用されるよう、今後共取組みを展開していく所存です。皆様のご支援をお願いいたします。

2008 年 2 月

特定非営利活動法人 LED 照明推進協議会 <http://www.LED.or.jp/>

事務局長 小紫 正樹