



電球形 LED ランプについて

目次

1. 概要	2
2. 電球形 LED ランプについて	2
3. 電球形 LED ランプの寿命について	4
4. 電球形 LED ランプの熱評価方法	5
5. 電球形 LED ランプの測定比較	7
6. 電球形 LED ランプの設計注意点	8
7. まとめ	9

本書内に記載する型番 NFSx757D-V1 および NF2x757DR-V1 は、弊社製品の型番であり、商標権を有する可能性のある他社製品といかなる関連性・類似性を有するものではありません。

1. 概要

近年 LED の普及により従来の白熱電球や電球形蛍光ランプから LED を使用した電球形 LED ランプへと置き換えが進んでいます。この電球形 LED ランプの特徴としては、従来型のランプより消費電力が非常に小さいこと、長寿命であることなどが挙げられます。寿命に関しては 40,000 時間の長寿命を謳う製品が販売されており、電球形 LED ランプは経済的、環境的に優れた照明器具と言えます。

しかし LED は素子の温度が高くなるほど寿命が短くなる性質を持っており、ランプとして長寿命を達成するためには使用する LED の温度を低く抑える必要があります。特に電球形 LED ランプは小型軽量化や密閉器具の使用等により放熱設計が難しいアプリケーションであると言えます。

本書では電球形 LED ランプにおける LED の寿命設計及び熱評価方法についてご紹介します。

2. 電球形 LED ランプについて

2.1. 電球形 LED ランプの構造

一般的な電球形 LED ランプの構成例を図 1、および表 1 に示します。構成部材の材質によっては LED の性能や信頼性に影響を及ぼす恐れがあるので、お客様にて十分な評価、確認を行ってください。



図 1. 電球形 LED ランプの構成例

表 1. 電球形 LED ランプの構成部材

項目	目的	注意点
ランプカバー	LED の保護および光の拡散に使用します。光の拡散や配光制御に、レンズと組み合わせて使用する場合もあります。	透過率の高いカバーを使用することでランプ光束の低下を抑えることができますが、光の拡散が弱くなることでグレア(まぶしさ)を感じ易くなります。
LED 実装基板	LED および保護素子等を搭載した光源基板です。	<p>放熱が課題となる電球形ランプにおいては熱伝導率の高い金属基板が必要になる場合があります。</p> <p>銅箔パターンを大きく取り、LED から発生する熱が均一に広がるよう設計する必要があります。</p> <p>ソルダーレジストに高反射材を使用することで光の取り出し効率が上がり、ランプ光束を上げることができます。</p>
筐体 (ヒートシンク)	LED の放熱やランプの強度確保に使用します。	<p>電球形ランプは LED 光源基板の温度が高くなり易いので、熱伝導率の高い放熱グリスや放熱シートを使用して LED 光源基板の熱を放熱する必要があります。</p> <p>放熱フィンなど特殊な加工を行うことで放熱性を上げることができますが、器具重量は増えます。</p>
電源回路基板	商用交流電源から LED を駆動させるための直流電源に変換する電源回路を搭載します。	<p>この電源回路の交流—直流変換効率がランプの発光効率に大きく影響を及ぼします。</p> <p>LED 光源基板との距離が近い電球形ランプでは LED 光源基板からの熱の煽りを受け回路部品の温度が上がり易く、特に電解コンデンサは高温使用で寿命が極端に短くなるため注意が必要です。</p> <p>筐体(ヒートシンク)との絶縁性の確保や放熱性能を上げるため、電源回路基板全体をシリコンなどの樹脂材料で埋める場合もあります。</p>
口金	ソケットに対し電氣的、機構的に接続します。	形状などは器具に対応する規格※1 により決められています。

※1. JIS C 7709-1 電球形の口金・受金及びそれらのゲージ並びに互換性・安全性 第1部 口金

3. 電球形 LED ランプの寿命について

先述の通り、LED の寿命は LED の温度が高くなるほど短くなっていきます。本章では LED の熱と寿命の関係について解説します。

3.1. 電球形 LED ランプの寿命について

LED は白熱電球のように突然点灯しなくなるというわけではなく、長期使用により徐々に明るさが落ちていきます。JIS C 8157:2011 一般照明用電球形 LED ランプ(電源電圧 50V 超)性能要求事項では定格ランプ寿命を「規定の条件で点灯したとき、電球形 LED ランプが定格光束の 70%以上の光束を維持している期間」と規定しています。

よって基本的には LED の光束維持率をもとにランプの寿命設計を行うこととなりますが LED だけでなく電源回路に使用される電子部品にも寿命はあるため、LED を含めたすべての部品で寿命を推定する必要があります。特に電源回路に使用される電解コンデンサは温度上昇による容量低下が著しく、一般的に部品温度が 10℃上昇すると寿命が半分になると言われており注意が必要です。電解コンデンサが容量低下により寿命を迎えると、ちらつきや不灯等の不具合が発生する恐れがあります。

3.2. LED の寿命メカニズム

LED に使用されている半導体チップは長寿命(半永久的な出力)となりますが、その他構成部材(主に樹脂部材)の劣化・変色によって LED の光出力は低下します。NICHIA757 シリーズを例にとると、図 2 のように使用される部材の変色により LED パッケージ内部で反射率・透過率の低下が発生し光の取り出し量が低下することがわかります。これらの部材の変色は温度が高くなるほど促進されるため、半導体チップ温度(LED ジャンクション温度)が高くなるほど周辺の部材温度も上がり、寿命は短くなっていきます。

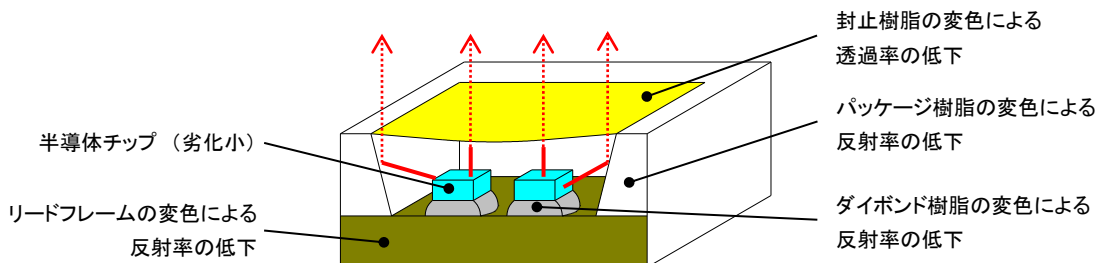


図 2. LED の経年光束低下メカニズム

3.3. LED の寿命推定方法

弊社では次頁図 3 に示す、LED ジャンクション温度(以下 T_j)に対する LED 推定寿命の技術資料を提供しています。この資料内の「 Junction Temperature vs Lifetime 」グラフは初期光束を 100%とした場合、70%以上の光束を維持できる時間(LED の寿命)と T_j の関係を示しています。

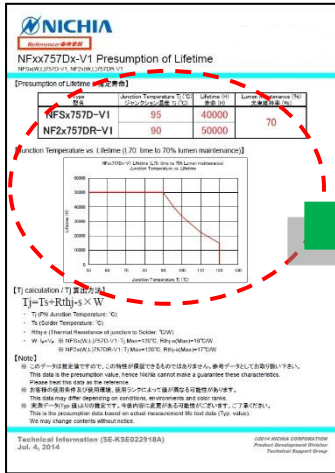
図 3 の NFSx757D-V1 および NF2x757DR-V1 を例にとると、 $T_j = 95^\circ\text{C}$ 以下で曲線の値が 40,000 時間以上となっているため、寿命 40,000 時間の LED ランプを設計する場合は少なくとも T_j を 95°C 以下に抑える必要があります。ただし本資料における寿命は弊社測定環境による実測平均データからの推定となるため、必ず余裕をもった熱設計を行ってください。

なお LED の絶対最大定格 T_j を超える温度域(図 3 の場合、 120°C 以上)で使用された場合、LED の性能低下や LED の破壊を引き起こす恐れがあるため必ず T_j は絶対最大定格温度以下でご使用ください。

また、 T_J を低く抑えたとしても構成部材の経年劣化など熱以外の要因により LED の寿命は頭打ちとなります。(図 3 の場合、最大推定寿命は 50,000 時間)この最大推定寿命を超えて使用された場合も、LED の性能低下や破壊を引き起こす恐れがあるためご注意ください。

【Presumption of Lifetime / 推定寿命】

Part No. 型番	Junction Temperature T_J (°C) ジャンクション温度 T_J (°C)	Lifetime (H) 寿命 (H)	Lumen maintenance (%) 光束維持率 (%)
NFSx757D-V1	95	40000	70
NF2x757DR-V1	90	50000	



【Junction Temperature vs. Lifetime (L70: time to 70% lumen maintenance)】

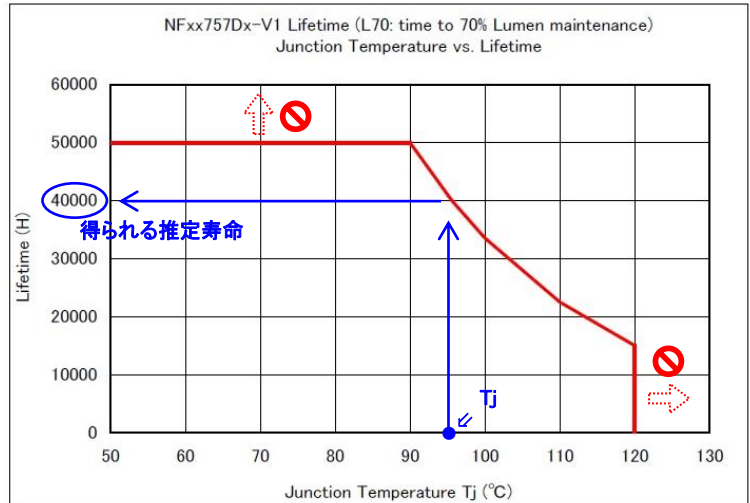


図 3. LED 推定寿命資料

4. 電球形 LED ランプの熱評価方法

LED の寿命は T_J によって決まるため寿命推定には正確な T_J 測定が不可欠となります。本章では T_J 測定方法および測定時の注意事項をご紹介します。

4.1. LED ジャンクション温度 T_J の測定方法

温度測定には様々な方法がありますが、弊社では LED はんだ接合部温度(以下 T_S)または LED ケース温度(以下 T_C)の測定値から T_J を算出(式 1)する方法と V_F 測定法にて T_J を算出する方法の 2 つの方法を推奨しています。測定方法の詳細については弊社アプリケーションノート「SP-QR-C2-210274: LED の熱設計について」をご参照ください。

T_S (または T_C)測定の際の熱電対を取り付ける位置や、算出に使用する熱抵抗値 $R_{\theta JS}$ (または $R_{\theta JC}$)は LED によって異なるため、ご使用になる LED の仕様書および 3.3.項でご紹介した推定寿命資料をご参照ください。ただし熱抵抗値は LED 毎にばらつきが生じますので、標準値ではなく最大値を使用して T_J を算出してください。

$$T_J = T_S + R_{\theta JS} W \quad (式 1)$$

$$(または T_J = T_C + R_{\theta JC} W)$$

T_J = ジャンクション温度:°C
 T_S = はんだ接合部温度:°C
 T_C = ケース温度:°C
 $R_{\theta JS}(R_{\theta JC})$ = チップから T_S (または T_C)測定ポイントまでの熱抵抗値:°C/W
 W = 投入電力 ($I_F \times V_F$): W

4.2. 熱評価における注意点

熱評価時の注意事項を以下に示します。

4.2.1. 熱分布の確認

熱電対による温度測定の前にサーモカメラ等で実装基板の熱が均一に分散しているか確認してください。筐体(ヒートシンク)や放熱グリス等の放熱経路に不具合がある場合、熱が均一に広がらない可能性があります。図 5 の例では、実装基板の左側の放熱が不十分なため熱分布に大きな偏りが生じ、LED 表面温度にも大きな差として現れています。

また LED の接続回路構成によっては電流の不均衡分が起これ特定の LED が過剰に発熱する可能性もあります。このような場合、想定よりも T_J が上がり寿命低下につながる恐れがあるため、可能な限り図 4 のように均一に熱が分散するような放熱設計を行ってください。

なおサーモカメラで得られる値は LED 上面の樹脂部材の表面温度であり、実際の T_J とは異なります。あくまで熱分布を確認するための参考とし、一番表面温度が高い LED の T_s (または T_c)を熱電対で測定するようにしてください。

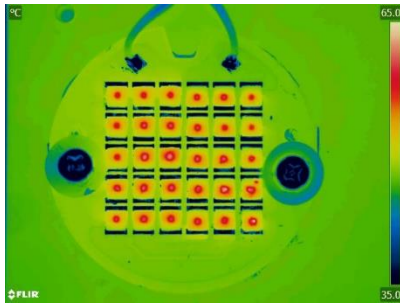


図 4. 均一な熱分布例

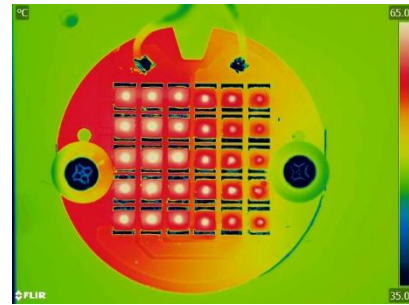


図 5. 不均一な熱分布例

4.2.2. 周囲温度

周囲温度(以下 T_A)が上がると LED の T_s も上がります。熱評価を行う際は想定される最大 T_A で測定を行ってください。特に密閉器具や断熱材施工器具との組み合わせではランプから発生した熱が籠り、 T_A が上がり易いため注意が必要です。

参考に T_A の違う環境下で同一サンプルを熱飽和させたときの T_s の測定結果を表 2 に示します。 T_A が 15°C 上昇すると T_s も 15°C 以上上昇しており、 T_A の上昇がそのまま LED 温度の上昇につながる事がわかります。

表 2. 熱測定結果

	周囲温度 T_A [$^\circ\text{C}$]	はんだ接合部 温度 T_s [$^\circ\text{C}$]
環境①	32.0	71.7
環境②	47.2	87.4
温度差(②-①)	15.2	15.7

4.2.3. 測定状態

熱電対取り付けの都合により不完全なランプ状態(筐体から LED 光源基板を取り外した状態やランプカバーを取り外した状態)で測定を行うと、放熱経路が変わり正しい T_J が得られない恐れがあります。最終的な製品状態で測定を行い、熱電対取り付けの際はカバーや筐体に通すための穴、固定用テープなどが放熱性能に大きく影響を与えないようご注意ください。十分にエージングを行い完全に熱飽和した状態で測定してください。

4.2.4. 測定姿勢

ランプの姿勢(向き)によっても T_J が変動する可能性があります。基本的に温かい空気は上昇する性質を持つため、ランプの姿勢によっては熱分布に偏りが生じ T_s が大きく変わってくる可能性があります。実使用で想定されるランプ取り付け姿勢にて熱評価を行うようにしてください。

5. 電球形 LED ランプの測定比較

60W 形の電球形 LED ランプについて、使用している LED やランプ構造の異なる 4 つのサンプルを測定し、各々の寿命を推定しました。

5.1. 電球形 LED ランプ(60W 形)測定結果

$T_a=25^\circ\text{C}$ で熱飽和するまでエージングさせた後、電気・光学特性および温度測定を行いました。いずれのランプも NICHIA 757 シリーズ、または他社同等品(同等性能および構造)を使用しているため、熱抵抗 $R_{\theta JS}$ は弊社製品の NF2x757DR-V1 の $17^\circ\text{C}/\text{W}$ (最大値)と仮定して LED ジャンクション温度 T_J を算出しました。測定結果を表 3 に示します。

表 3. 電球形 LED ランプ測定結果

	サンプル A	サンプル B	サンプル C	サンプル D
ランプ光束 [lm]	881	855	923	820
ランプ電力 [W]	8.7	10.4	12.1	7.5
LED T_s [$^\circ\text{C}$]	74	88	101	74
LED T_J [$^\circ\text{C}$]	81	95	113	81
電源基板温度 [$^\circ\text{C}$]	68	69	80	66

5.2. 寿命考察

測定で得られた T_J をもとに、各ランプの LED 寿命を推定し、多くの 60W 形電球形 LED ランプで謳われている「寿命 40,000 時間」に対して考察を行いました。

なお全ての LED において、NF2x757DR-V1 の LED ジャンクション温度 vs 推定寿命特性を有すると仮定して推定を行っています。(図 3 参照)

◆ サンプル A ・ サンプル D

LED の推定寿命は 50,000 時間となります。また 95°C (40,000 時間) まで 14°C の余裕があります。

◆ サンプル B

LED の推定寿命は 40,000 時間となります。ただし T_J に余裕がないため、LED や電源回路の特性ばらつきによっては T_J が上がり、40,000 時間を達成できない恐れがあります。また密閉器具や断熱材施工器具で使用される場合も T_A が上昇するため 40,000 時間の寿命確保は難しいと言えます。

◆ サンプル C

T_J は 95°C を大幅に超えており、推定寿命は 20,000 時間となります。また電源基板温度も高くなっているため、電解コンデンサによるランプ寿命低下の懸念もあります。

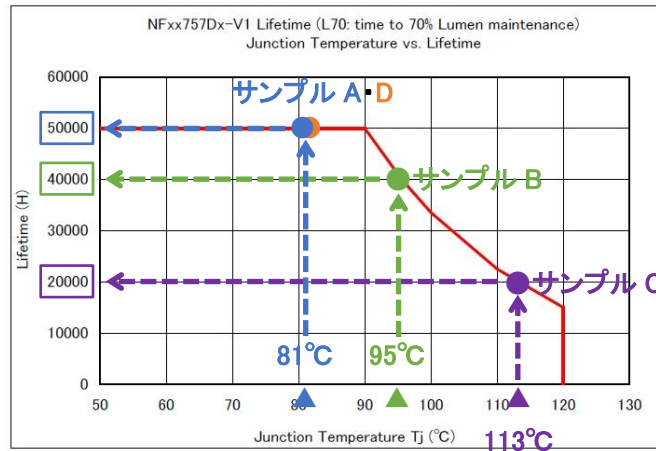


図 6. 推定寿命

6. 電球形 LED ランプの設計注意点

電球形 LED ランプの LED 設計における注意点をご紹介します。

6.1. 正確な T_J の測定

設計時に正確な熱評価ができておらず、想定以上に T_J が上昇した場合、想定以上の速度で光束低下 (寿命低下) や色調シフトが起こります。第 4 章でご紹介した熱評価方法を参考に、正確な T_J 測定および寿命推定を行ってください。

6.2. 余裕を持った放熱設計

目標 T_J に対して温度余裕がない場合、様々なばらつき要因により目標寿命を達成できない恐れがあります。筐体 (ヒートシンク) や LED 光源基板等の放熱部材の見直し、また投入電力を下げる等して目標寿命 (T_J) に対して余裕を持った熱設計を行ってください。

6.3. 絶対最大定格 T_J 以下での使用

LED の性能低下や破壊を引き起こす恐れがあるため、いかなる場合でも絶対最大定格 T_J を超えないよう熱設計を行ってください。密閉器具や断熱材施工器具との組み合わせで使用される場合、器具の影響による温度上昇を考慮する必要があります。

6.4. 絶対最大定格電流以下での使用

LED の性能低下や破壊を引き起こす恐れがあるため、いかなる場合でも絶対最大定格電流値を超えないよう電気回路設計を行ってください。リップルの大きな電流波形の場合、平均値が絶対最大定格値以下であっても瞬間的に絶対最大定格値を超える恐れがあります。必ずオシロスコープ等でピーク(瞬間最大)電流が絶対最大定格値を超えていないことを確認してください。

6.5. サージ対策

LED に過電圧/過電流が加わると LED の破壊を引き起こす恐れがあります。過電圧/過電流の原因としては電源回路からの突入電流や静電気放電等、様々な要因が考えられます。これらのサージから LED を守るため、電源回路や LED 光源基板に保護素子を搭載することをお奨めします。

7. まとめ

LED の寿命は LED ジャンクション温度によって決まるため LED の放熱設計及び熱評価が重要になってきます。また個々の LED や電源回路の特性ばらつきによっても LED ジャンクション温度は変動する可能性がありますので、必ず余裕を持った熱設計を行ってください。

本書でご紹介した LED 推定寿命資料およびその他の技術資料に関しては弊社営業担当までお問い合わせください。

<免責事項>

本書は、弊社が管理し提供している参考技術文書です。
本書を利用される場合は、以下の注意点をお読みいただき、ご了承いただいたうえでご利用ください。

- ・ 本書は弊社が参考のために作成したものであり、弊社は、本書により何らの保証をも提供するものではありません。
- ・ 本書に記載されている情報は、製品の代表的動作および応用例を示したものであり、その使用に関して、弊社および第三者の知的財産権その他の権利の保証または実施権の許諾を行うものではありません。
- ・ 本書に記載されている情報については正確を期すべく注意を払っておりますが、弊社は当該情報の完全性、正確性および有用性を一切保証するものではありません。また、当該情報を利用、使用、ダウンロードする等の行為に関連して生じたいかなる損害についても、弊社は一切の責任を負いません。
- ・ 弊社は、本書の内容を事前あるいは事後の通知なく変更する場合がありますのでご了承ください。
- ・ 本書に記載されている情報等に関する著作権およびその他の権利は、弊社または弊社に利用を許諾した権利者に帰属します。弊社から事前の書面による承諾を得ることなく、本書の一部または全部をそのままあるいは改変して転載、複製等することはできません。

日亜化学工業株式会社

<http://www.nichia.co.jp>

774-8601 徳島県阿南市上中町岡491番地

Phone: 0884-22-2311 Fax: 0884-21-0148